BHS II K 9-3

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Aktiengesellschaft
Bibliothek
Gruppe II K
B Nr. 9

Geometrie und Mechanik

der

Künste und Handwerke

und

der schönen Künste.

Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTHEK
BERG:&GENERAL:
BERGWESALINEN
ADMINISTR.

Straßburg,
gedruckt bei F. G. Levrault, königlichem Buchdrucker.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Geometrie und Mechanik der Künste und Handwerke

und

der schönen Künste.

Normalkurs

zum Gebrauch der Handwerksleute und Künstler, der Untervorsteher und Vorsteher von Werkstätten und Manufakturen;

vorgelesen

im königlichen Conservatorium der Künste und Handwerke,

Von Baron Carl Dupin,

Mitglied des Instituts (Akademie der Wissenschaften), Oberoffizier im Corps der See-Ingenieurs, Offizier der Ehrenlegion, und St. Ludwigsritter.

Aus dem Französischen übersetzt.

Dritter Band. — Dynamie.

Paris,

bei F. G. Levrault, rue de la Harpe, N.° 81.

Straßburg,

bei ebendemselben, Judengasse, Nro. 33.

1826.

Ministerium des Seewesens und der Colonien.

Rundschreiben Sr. Exc. des Ministers des Seewesens und der Colonien an die Herren Commandanten, Intendanten und Oberkommissäre des Seewesens.

Paris, den 24sten September 1825.

Meine Herren,

Der glückliche Fortgang des Kurses über die Mechanik, den Hr. Baron Dupin im Conservatorium der Künste und Gewerbe liest, hat mir den Wunsch eingeflößt, die Wohlthaten dieses Unterrichts auf die vornehmsten Seehäfen des Königreichs auszudehnen; und ich habe eingesehn, daß ein ähnlicher Kurs, den man in den Seehäfen wo Schulen der Hydrographie sind, eröffnen würde, vortheilhaft werden müßte für den Kunstfleiß im Allgemeinen, und nützlich für die Arbeiter der mit dem Seewesen beschäftigten Gewerbe.

Durch diese Gründe bewogen, habe ich beschlossen, daß die HHrn. Professoren der genannten Schulen zweimal wöchentlich eine Lehrstunde geben sollen über die Geometrie und Mechanik auf Künste und Gewerbe angewandt, nach dem Vorgang des Kurses im Conservatorium zu Paris.

Diese Lehrstunde soll Abends gegeben werden, zu einer Zeit, wo die Arbeiten in den Werkstätten überall aufhören.

Ich werde den Herren Professoren der Hydrographie die gedruckten Vorlesungen des Kurses von Hrn. Baron Dupin

zuschicken lassen, wie sie aufeinander folgen; sie haben sich genau nach der Methode dieses akademischen Lehrers zu richten.

Ich bitte Sie, meine Herren, ihre Befehle in dieser Hinsicht zu ertheilen, sowohl den HHrn. Professoren der Schulen der Hydrographie, als den Commissären der Seehäfen, wo sie gehalten werden.

Ich lege große Wichtigkeit auf den Erfolg eines Unterrichtes, der für die Entwicklung unsers Kunstfleißes so nützlich ist; mein Wunsch ist, daß Sie mir Bericht erstatten über die Ergebnisse, die derselbe in Ihrem Seebezirk hervorbringen wird.

Genehmigen Sie, u. s. w.

Unterzeichnet: Der Graf von Chabrol.

Auszug aus dem Bericht an Seine Majestät über das Budget des Seewesens für das Jahr 1826; erstattet von Sr. Exc. dem Minister des Seewesens und der Colonien.

Durch eine neulich gemachte Anordnung ist den Professoren der hydrographischen Schulen aufgetragen worden, einen Kurs über Geometrie und Mechanik auf Künste angewandt, zu lesen, dem ähnlich, der zu Paris im Conservatorium der Künste und Gewerbe eröffnet ist. Schon besuchen mehr als fünftausend Handwerksleute in den Seestädten fleißig diese Kurse, deren sichere Wirkung die seyn wird, auf den gewerbsamsten Punkten Frankreichs die Belehrungen einer aufgeklärten Theorie und Praxis an die Stelle der Verfahrungsarten zu setzen, die ein blinder und unwissender Gewohnheitsschlendrian gelehrt hatte. Die meisten Städte, in welchen diese Kurse eingerichtet sind, haben die Vortheile derselben gewürdigt, und sich beeilt, zu den geringen Ausgaben beizutragen, die sie erforderten.

Verbreitung des Unterrichts in der Geometrie und Mechanik, angewandt auf Künste.

Der neue Unterricht hat sich seit Anfang dieses Jahres sehr verbreitet. Unter den im Jahr 1825 noch eröffneten Kursen will ich den anführen, den Hr. Prevost zu Lyon im Palast der Künste liest.

In den Städten im Innern wurden dieses Jahr folgende Kurse eröffnet:

Im Januar: Zu Limoges durch Hrn. Lassimonne; zu St. Etienne durch Hrn. Blaire, Bergwerks-Ingenieur; zu Rennes

durch Hrn. Legrand; zu Mühlhausen durch Hrn. Mainbourg; zu Avignon durch Hrn.....; zu Nantua durch Hrn..... ; zu Nevers durch die HHrn. Morin, Boucaumont, Viard; zu St. Quentin durch Hrn. Héré.

Im Februar: Zu Sedan durch Hrn.....; zu Salins durch Hrn. Bourgeois, Bataillonschef der Artillerie; zu Valence durch Hrn. Papy, Professor der Mathematik an der Artillerieschule.

Im März: Zu Orleans durch Hrn. Lacave, Ingenieur der Brücken und Straßen; zu Gap durch Hrn. Janson, Ingenieur der Brücken und Straßen; zu Laval durch Hrn. Bonnet.

Im April: Zu Poitiers durch Hrn. Miet, Professor der speciellen Mathematik an der Akademie dieser Stadt; zu Straßburg durch Hrn. Finck, Professor an der Artillerieschule; zu Colmar durch Hrn. Löillet.

Neue Kurse sollen eröffnet werden zu Mezieres, Troyes, Aix, Aurillac, Evreux, Louviers, Elbeuf, Nimes, Toulouse, Montpellier, Tours, Lille, Alençon, Arras, Macon, Versailles, Amiens, u. s. w.

Wir bereiten eine allgemeine Uebersicht über die Einführung dieses Kurses vor, und laden die HHrn. Professoren ein, uns Berichte einzusenden, welche die Zahl ihrer Zöglinge angeben, und die in dem neuen Unterricht schon erhaltenen Erfolge.

Dynamie,

oder

Wissenschaft von den bewegenden Kräften,

die anwendbar sind auf die Künste.

Erste Vorlesung.

Aufzählung der industriellen Kräfte: Kraft des Menschen; Leitungen, die sie dem Sinn des Gesichtes verdankt.

Ich nenne Dynamie die Wissenschaft, deren Zweck ist, die Hervorbringung und Anwendung der bewegenden Kräfte zu untersuchen.

Unter den bewegenden Kräften, die der Kunstfleiß anwendet, muß man unterscheiden: 1) die Kräfte der verständigen Wesen; wir wollen sie, um abzukürzen, lebendige Kräfte nennen; 2) die Kräfte der leblosen Natur; wir wollen sie leblose Kräfte nennen.

Unter den lebendigen Kräften stellen wir die des Menschen oben an; dann werden wir die der Thiere untersuchen.

Unter den leblosen Kräften werden wir die der Schwere und die der Wärme kennen lernen, in festen Körpern, Flüssigkeiten und Luftarten.

Kraft des Menschen. Diese Kraft ist Null für den Kunstfleiß in den ersten Jahren unsers Daseyns. Sie wächst mit

dem Alter, entwickelt sich so wie das Kind größer wird, zum Jugendalter gelangt, Mann wird und in das reife Alter eintritt. Sie nimmt dann ab bis zu der Zeit, wo der Greis ganz abgelebt ist, wenn nicht ein Unfall oder eine besondere Krankheit den Tod bewirkt noch vor dem gänzlichen Erlöschen der für den Gewerbfleiß anwendbaren Kraft.

Der Verstand und das Vernunftvermögen entwickeln sich, erreichen ihre höchste Stufe und nehmen dann ab bei dem Menschen, von der Geburt an bis zum natürlichen Tode.

Der menschliche Verstand erlangt Begriffe mit Hilfe der Sinne; die Vernunft stärkt sich indem sie diese Begriffe zusammenordnet, um die Beziehungen der Dinge untereinander kennen zu lernen; dies macht das Wissen oder die Wissenschaft aus.

Das Gedächtniß erhält in unsrer Seele sowohl die Begriffe, die wir erlangen, als auch die Ueberlegungen, die wir über jene Begriffe anstellen, und die Folgerungen, die wir daraus ableiten. Die Erinnerung an Thatsachen aber, die in der Kindheit sehr lebhaft ist, nimmt früh ab, wenn wir sie nicht sorgfältig durch Uebung stärken und durch eine bestimmte Methode ordnen. Das Andenken an Ueberlegungen, die wir angestellt haben, stärkt sich mit dem Alter und mit der Fertigkeit im Beobachten, im Vergleichen, im Nachdenken.

Die noch in der Kindheit befindlichen Völker haben so zu sagen nur ein Gedächtniß für die bloßen Gegenstände, die sich ihnen darstellen. Sie behalten eine lebhafte Erinnerung an Feste, Schauspiele, außerordentliche Anblicke, u. s. w. Sie sind unfähig, das Andenken an verwickelte Vergleichungen und lange Schlußreihen zu behalten. Deßwegen scheinen und sind wirklich die Völker um so leichtsinniger, je näher sie dem Zustande der Kindheit noch stehen. Sie werden gesetzter, nachdenkender, handeln folgerechter, so wie ihre Vernunft stärker wird.

Es kann also geschehn, daß ein Volk mehrere Jahrhunderte hindurch leichtsinnig und flüchtig geschienen hat, und doch nachher sich ernsthaft und vernünftig zeigt; dazu braucht es nur aus seinem Kindheitszustande herauszutreten.

Man sieht auch Völker, die stufenweise ihre Geistesfähigkeiten zu verlieren scheinen; die gemeine Vernunft erlöscht unter ihnen. Sie stellen das Schauspiel einer Nation dar, die wie ein Greis dem kraftlosen Alter sich zuneigt; die kindischen Kleinigkeiten des frühesten Alters haben allein Reiz für sie; sie erinnern sich nur noch an die Ueberlieferungen aus ihrer Kindheit her, und versinken allmählig in Stumpfsinnigkeit.

Der edelste Dienst, den man seinem Vaterlande leisten kann, ist der, gegen diese äußerste Entwürdigung muthig anzukämpfen, die einige Völker Asiens uns darstellen, und von welcher das römische Reich in seinem Verfall immer ein denkwürdiges und beklagenswerthes Beispiel bleiben wird.

Das junge und kräftige Frankreich behielt lange die Eigenschaften und Fehler des Jugendalters; jetzt geht es dem reifern Alter entgegen. Gewiß ist in der Masse seiner Bevölkerung mehr Weisheit, Folgerichtigkeit und Reife vorhanden, als in keinem Zeitpunkt unsrer Geschichte.

Schätzen wir uns glücklich um dieser großen gesellschaftlichen Verbesserung willen, und suchen wir, nach unsern Mitteln, durch unser eignes Betragen und durch den Einfluß auf die Vervollkommnung unsrer Mitbürger, jeden Tag die Erfahrung, die Vernunft, die Tugend der Menschen zu vermehren, welche die Vorsehung durch geheiligte Bande einander nahe bringt; durch das Band der Familie und das der Volksgemeinschaft.

Eine der ersten Grundlagen der Vervollkommnung in unsern Seelenvermögen und einer glücklichen Anwendung unsrer körperlichen Kräfte ist die Vervollkommnung unsrer Sinne, wenn wir sie als die Werkzeuge betrachten, die uns das

unmittelbare Maß der Verhältnisse angeben, in welchen die physischen Eigenschaften aller Körper, aller uns umgebenden Wesen zu einander stehen.

Wenn unsre Sinnenvermögen, des Gesichtes, des Gehörs, des Gefühls, des Geruches und des Geschmacks unserm Verstande dienen, um uns bei dem Vollbringen der Arbeiten der Künste zu leiten, so haben dagegen auch die Künste unendlich viel gethan zur Vermehrung der Stärke, des manchfaltigern Gebrauches, der Vollkommenheit unsrer Sinne.

Die schönen Künste haben ihnen mehr Ausdehnung und Feinheit gegeben. Die freien Künste haben ihnen mehr Gewißheit und Schärfe verschafft; die mechanischen Künste mehr Schnelligkeit in der Wirkung und Gegenwirkung.

So tragen alle Künste dazu bei, den Sinnenvermögen des Menschen, eine immer größere Vollkommenheit zu verschaffen; dies ist eine der Wohlthaten der wahren Gesittung.

Um diese Verbesserung unsrer Sinnenwerkzeuge nacheinander zu betrachten, wollen wir zuerst untersuchen was die Künste für den Gesichtssinn gethan haben.

Um die kleinsten Gegenstände fähig zu machen, auf das Auge einen deutlichen Eindruck hervorzubringen, hat der Mensch das Vergrößerungsglas und das Mikroscop erfunden. Mit Hilfe dieser Werkzeuge hat er eine Menge neuer Geschöpfe entdeckt, deren Daseyn ihm unbekannt war. Er hat deutlich Geheimnisse der Organisation von Thieren, Pflanzen, Mineralien gesehn, die bis dahin seiner Scharfsichtigkeit entgangen waren. In den schönen Künsten, in der Kupferstecherkunst zum Beyspiel, konnte er nun sorgfältiger seinen feinsten Arbeiten eine Vollendung geben, die über eine Grenze hinaus gieng, welche er mit dem unbewaffneten Auge nie hätte erreichen können. In den freien Künsten konnte er sich weiter wagen in der Kenntniß der Geheimnisse der Natur; er konnte in dem Bau seiner eignen Organe, in der

Verzweigung seiner Blut- und Saftgefässe, in dem Zusammenhang und der Ineinanderfügung seiner Muskel- und Nervenfasern Geheimnisse erforschen, die das bloße Auge nie entdecken könnte. In den mechanischen Künsten endlich konnte er den Erzeugnissen des Kunstfleißes eine außerordentliche Genauigkeit, Feinheit und Vollendung geben. Ohne Hilfe der Vergrößerungsgläser hätten zum Beispiel unsre geschicktesten Uhrmacher nie diese Chronometer verfertigen können, die nicht breiter und nicht viel dicker sind als ein Zweifrankenstück, und doch Stunden, Minuten und Sekunden mit bewundernswürdiger Genauigkeit weisen, die man erhält durch das feine und abgemessene Spiel der ineinandergreifenden Räder, welche mit unendlicher Kunst verbunden sind, um in einem so kleinen Raume sich zu bewegen.

Wir haben andere Werkzeuge gebraucht, um entfernte Gegenstände unserm Gesichte bemerklich zu machen; das heißt, um die Eindrücke, die sie auf uns durch das Licht hervorbringen, fähig zu machen, einen Stoß zu bewirken, der die Sinnenkraft unsers Gesichtes in Thätigkeit setzt: solche Werkzeuge sind der Telescop und die Ferngläser. Mit diesen Werkzeugen haben wir Planeten, Kometen und andre Sterne entdeckt, die uns unbekannt waren; die Grenzen, bis auf welche der Mensch die Gegenstände unterscheiden konnte, haben sich außerordentlich erweitert; so konnten wir nun aus weiterer Ferne die Gegenstände sehn, die es für uns wichtig ist einzuholen, oder zu vermeiden. Der Gebrauch der nämlichen Werkzeuge ist höchst wichtig bei den Seefahrten, um Küsten und Klippen zu beobachten, und um feindliche oder befreundete Schiffe zu unterscheiden. Auf den Zügen der Karawanen und Armeen bedient man sich ihrer mit gleichem Vortheil. In den Künsten des bürgerlichen Lebens gebraucht man ähnliche Werkzeuge, um klar und in allen ihren Einzelnheiten entfernte Gegenstände zu unterscheiden. So machen es uns die Operngläser möglich, von den ent-

ferntesten Punkten eines großen Saales aus, das Spiel der kleinsten Muskeln auf dem Gesichte der Schauspieler zu beobachten, deren Formen oder Bewegungen wir studiren wollen.

Die Sinnenkraft des Gesichtes ist nicht bei allen Personen gleich; sie ist nicht einmal immer gleich bei der nämlichen Person in den verschiedenen Altersstufen. Die Kunst verbessert auch diese Mängel vermittelst ihrer Werkzeuge. Durch gewisse Brillen bringt sie entfernte Gegenstände näher, die zu undeutlich sind für den Kurzsichtigen; sie entfernt durch andre Brillen naheliegende Gegenstände, die zu undeutlich sind für den Weitsichtigen.

Wenn man endlich die Empfindsamkeit des Gesichtes schützen soll, so erlaubt man den Lichtstralen nur in unser Auge zu dringen durch Gläser, deren zarte Farbe den Glanz und die Schärfe gewisser Lichtstralen mildert.

Dies sind einige von den Diensten, die das Sinnenvermögen unsers Gesichtes dem Fortschreiten der Künste verdankt.

Dieses Fortschreiten der Künste hat dem Gehörsinn Dienste ähnlicher Art geleistet. Die Ohrtrichter sind die Telescope des Ohres, und man hat auch Mikroscope für dasselbe. Vor kurzer Zeit kam ein geschickter Arzt, Hr. Laennec, auf den Gedanken an ein Werkzeug, von dem er die sinnreichste Anwendung gemacht hat. Man setzt den untern erweiterten Theil eines Hörrohrs auf die Brust oder auf das Herz einer Person, die in diesen verborgenen Theilen ihres Körpers leidet; man hält das Ohr an das andere Ende des Werkzeuges. Dann hört man Bewegungen, die das unbewaffnet angelegte Ohr in derselben Entfernung nie hätte vernehmen können.

Will man mit Personen verkehren, die in verschiedenen Stockwerken oder weit von einander entfernten Theilen eines großen Hauses sich befinden, so bringt man metallene Röhren an, von dem Ort aus wo man sich aufhalten will, bis zu dem, mit welchem man in Verkehr zu seyn wünscht. Man darf nur leise in das eine Ende des Rohrs hineinsprechen,

um am andern Ende deutlich verstanden zu werden. Durch dies Mittel kann der Vorsteher einer großen Gewerbanstalt seine Befehle geben und Erkundigungen einziehen aus den entferntesten Theilen seiner Werkstätten, ohne daß jemand seinen Platz zu verlassen braucht; dies ist ein Mittel, das ihr werdet anwenden können.

Das Sprachrohr wird gebraucht um in großen Entfernungen einen hinlänglichen Eindruck auf den Gehörsinn hervorzubringen.

An Bord der Schiffe muß man Befehle ertheilen mitten im Geräusch der Manöver; man muß sich Gehör verschaffen ungeachtet des Brausens der Winde, des Anschlagens der Segel, des Brüllens der See; daher gebrauchen auch die Seeoffiziere beständig Sprachrohre.

Das Horn der Jäger und das von den leichten Truppen gebrauchte Blashorn müssen als Sprachrohre betrachtet werden, die dazu dienen, nach großen Entfernungen hin Befehle zu geben und Nachrichten zu ertheilen, ungeachtet der Verhinderung durch das Rauschen und das Dickicht der Wälder.

In Hinsicht auf den Redner betrachtet, sind gutgebaute Amphitheater auch gleichsam Sprachrohre, die dazu dienen, die Töne zu zerstreuen, zu vertheilen so gleichmäßig als möglich, in einem ganzen, weiten Hörsaale. In Hinsicht auf den Hörer betrachtet, sind die Amphitheater wahre Ohrtrichter.

Die Masken der Schauspieler des Alterthums waren Sprachrohre die ihnen gestatteten, sich einer unermeßlichen Versammlung von Zuhörern vollkommen verständlich zu machen.

Gehen wir auf den Gefühlsinn über. Wir geben dem Sinn des Gefühls veränderte Beschaffenheiten durch Mittel, deren Zweck ist, auf einigen Theilen unsers Körpers, die für Gefühlsempfindungen empfänglich sind, eine größere oder geringere Masse von Eindrücken anzuhäufen. Die Kleider, zum Beispiel, bewirken eine Verminderung der Stärke der Gefühls-

eindrücke, welche die äußern Gegenstände uns verursachen. In die Länge haben sie eine andre Wirkung, die nämlich, die gewöhnlich bedeckten Theile empfindlicher bei der Berührung zu machen, durch die Zartheit, die das Gewebe der Oberhaut nothwendig annimmt, wenn es vor jeder heftigen Berührung geschützt ist.

Die Bäder und alle Sorgen für die Reinlichkeit vermehren sicher das Vermögen, welches unsre Sinne haben, die geringsten durch Berührung bewirkten Eindrücke aufzufassen.

Das Aussetzen eines Theiles unsrer Glieder an die freie Luft macht sie für viele Eindrücke weniger empfindlich.

Montaigne erzählt hierüber eine ziemlich komische Anekdote; er zieht daraus die richtigsten Folgerungen, mit der Tiefe und dem Scharfsinn, die seinen philosophischen Geist auszeichnen.

Als Montaigne mitten im Winter über die neue Brücke (den Pont-Neuf in Paris) gieng, sah er einen Armen fast nackt, der bei einer sehr strengen Kälte gar nicht zu leiden schien. „Ei, mein Freund, wie kannst du, so wenig bekleidet wie du bist, das Wetter aushalten, das wir wirklich „ haben? — Mein Herr, wie können sie in diesem Wetter „ mit unbedeckten Wangen, Augen, Lippen und Nase gehn? — „ Nun, mein Freund, ich lasse ja nur mein Gesicht unbedeckt. — Wohl, mein Herr, und ich bin ganz Gesicht.“ — Die Gewohnheit hatte ihn so ganz zu Gesicht gemacht, das heißt sehr wenig empfindlich für die Kälte an den verschiedenen Theilen seines Körpers.

Was den Geruch betrifft, so kann die Kunst die Empfindlichkeit desselben ebensowohl vermehren, als vermindern: so kann man einen mehr oder minder dichten Schleier über das Gesicht werfen, oder unter die Nase ein Hörnchen halten, das zum Auffangen und Zuführen einer großen Menge von riechenden Theilchen dient. Man versichert, daß wenn man in den Ländern wo gewisse ansteckende Krankheiten herrschen,

einen Schleier trägt, man sie dadurch vermeiden kann. Dies muß geschehn indem man dadurch die Wirkung der schädlichen Miasmen auf die Werkzeuge des Geruchs und Geschmacks vermindert oder ganz aufhält.

Sprechen wir endlich von dem Werkzeuge des Geschmackssinnes. Man kann die Empfindlichkeit desselben vermehren oder vermindern durch vorbereitende Mittel.

In den Künsten, wo ihr nöthig habt durch den Geschmack über gewisse rohe Stoffe und gewisse Erzeugnisse des Gewerbfleißes zu urtheilen, ist es wichtig zu bemerken, daß das Geschmacksorgan nicht immer gleich gut beschaffen ist; und daß es unter andern Umständen nur allzugut beschaffen seyn kann. (1)

Die Physik hat einen besondern Gegenstand ihres Studiums gemacht aus dem Mechanismus unsrer Sinne und den Werkzeugen, welche die Wirkung abändern, die sie von den äußern Dingen erfahren; die Optik ist der Zweig der Physik, der sich auf den Gesichtssinn bezieht; die Akustik der, welcher sich mit dem Gehörsinn beschäftigt. Man hat den Theilen der Wissenschaft, die sich mit den drei andern

---

(1) In gewissen Ländern, zum Beispiel, wenn ein Eigenthümer seinen Wein verkaufen will, sorgt er immer dafür, aus bloßer Höflichkeit dem Kunden Nüsse und trockenen Käse zum Essen vorzusetzen, damit die Kehle des Kostenden, recht gereizt durch solche angreifende Nahrungsmittel, eine große Süßigkeit und einen ganz besonders herrlichen Geruch an dem Nektar des Gewächses finden möge, das man ihm anbietet.

Man sieht hingegen Personen, die, um ihren Kindern oder Dienstboten die Lust zu gewissen Leckerbissen zu benehmen, ihnen nie davon zu kosten geben, als nachdem sie zuerst ihnen andere Nahrungsmittel gereicht haben, deren Geschmack macht, daß sie die sonst sehr guten Bissen oder Getränke schlecht finden, die man ihnen anbietet.

Durch eine ganz entgegengesetzte List gelingt es oft, Kinder zu bewegen, daß sie Arzneien von abscheulichem Geschmack verschlucken, indem man vorher ihre zarten Geschmackswerkzeuge durch etwas Zuckerwerk abstumpft.

Sinnen beschäftigen sollen, keinen besondern Namen gegeben, weil man das Studium dieser Theile noch nicht genug entwickelt hat.

Für den Zweck dieses Kurses reicht es hin, euch die vorzüglichsten Mittel angedeutet zu haben, wie man die Beschaffenheit unsrer Sinnenkräfte abändern könne. Die unter euch, die sie genauer und mehr im Einzelnen kennen zu lernen wünschen, müssen die eigentliche Physik studiren, eine Wissenschaft, die weitläufig genug ist, um für sich allein einen langedauernden Kurs auszufüllen.

Die Wissenschaften haben Mittel entdecken gelehrt, die geeignet sind, dem Gebiet unsrer Sinne eine größere Ausdehnung zu geben, und uns Vorstellungen von einer größern Anzahl von Gegenständen zuzuführen; ohne daß sie jedoch uns irgend ein Mittel verschaffen, die Verhältnisse zu beurtheilen, in welchen diese Gegenstände zu einander stehen. Dieses neue Studium ist innig verbunden mit der Kenntniß und Anwendung der Maße.

Untersuchen wir nun ein Vermögen der Sinne, das ich ein mathematisches nennen will, weil es darin besteht, uns das Maß der Dinge kennen zu lehren.

Wenn wir dem natürlichen Entwicklungsgang unsrer Empfindungen von der Kindheit an bis zum reifen Alter folgen, so bemerken wir bald, daß die Maße von großer Wichtigkeit sind für die Vervollkommnung unsrer Vorstellungen und die Richtigkeit unsrer Urtheile. Durch Vergleichung der uns bereits bekannten Gegenstände mit denen, die uns noch unbekannt sind, erlangen wir die Kenntniß von diesen letztern. Nun setzt jede Vergleichung ein Maß voraus. In den meisten Fällen zwar ist dieses Maß unbestimmt; es kommt der Genauigkeit nur nahe bis auf einen gewissen Grad. Dies ist für uns die Quelle von sehr vielen Irrthümern.

Ein einziges Beispiel, das wir von den Vorstellungen hernehmen wollen, die das Gesichtsorgan uns zuführt, wird

uns diese Behauptung klar machen. Die einfachste aller Messungen ist die, welche man an zwei Dingen anstellen kann, die einander gleich sind. Dies ist auch die, welche man am schnellsten kennen lernt. Diese Messung wird von Natur durch unsre Sinne unternommen. So thun sie es für die Größen der Ausdehnung, wenn die zwei verglichenen Dinge einander nahe gebracht werden; ja dies thut man eben, wenn man keinen Irrthum begehen will.

Zum Beispiel um zu wissen ob ein Lineal genau die Länge des Meters habe, lege ich den Meter auf das Lineal; fallen beide Ende des Meters genau auf beide Ende des Lineals, so schließe ich daraus, daß beide Längen gleich sind. Dies Mittel ist das, welches man gebrauchen muß so oft es sich thun läßt in den Künsten, wo große Genauigkeit erfordert wird.

Das Gesichtsorgan muß ein viel schwereres Verfahren unternehmen, wenn es entscheiden soll, ob zwei Dinge, die miteinander gegenwärtig sind, aber nicht können aufeinander gelegt werden, gleich seyen an Länge, Breite oder Dicke. Es erfordert eine gewisse Zeit, ehe unser Geist zu einem solchen Verfahren fähig wird. Dennoch gelangen wir dazu in wenig Monaten. So sieht man sehr junge Kinder, wenn sie zwischen zwei Obstfrüchten, zwei Kuchen von derselben Art zu wählen haben, ohne sich zu irren, nach dem längsten, breitesten oder dicksten greifen; ein sicherer Beweis, daß bereits ihr Geist mit Gewißheit ein Urtheil dieser Art zu fällen weiß, das gegründet ist auf die Richtigkeit der Eindrücke, die ihr Sinnenvermögen ihrem Verstande mittheilt.

Soll man aber zu gleicher Zeit ein Urtheil über die Gleichheit des Maßes einer großen Anzahl von Größen fällen, dann muß der Geist sich gewöhnen, viel zusammengesetztere Urtheile bilden zu lernen; die Sinne müssen die Fertigkeit erlangen, eine beträchtliche Anzahl von Größen und Lagen zugleich aufzufassen, und klar in unsern Verstand überzutragen.

Wir sehn auch, daß dieses Fortschreiten von Kindheit an Statt findet; jedoch ein wenig später als jenes, von welchem wir vorher sprachen. Die Kinder urtheilen sehr richtig über die Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit zweier Dinge, zum Beispiel über die, welche zwei menschliche Gestalten uns darstellen. Sie fassen mit einer bemerkenswerthen Geschicklichkeit die auszeichnenden Unterschiede derselben auf. Sie benennen mit einer sehr nachdrücklichen Genauigkeit jene Unterschiede, die durch ihre Sonderbarkeit das ausmachen, was wir Gebrechen, Mißgestalten der Gesichtsbildung, des Wuchses oder der Haltung des Körpers nennen.

Die Zeichenkunst, die einen Theil der Erziehung bei allen Menschen ausmachen sollte, welche künftig Gewerbanstalten leiten wollen, wird zum Theil erworben durch die Gelenkigkeit der Hand; aber besonders durch die dem Auge gegebene Fertigkeit, Ausdehnungen zu messen, und zu urtheilen ob die Abzeichnung die Verhältnisse des vorgestellten Dinges beibehalten hat.

In dieser Hinsicht bemerkt man ein sehr merkwürdiges Fortschreiten in der Geschicklichkeit der Zöglinge. Wenn sie anfangen zu zeichnen, so sind ihre Zeichnungen weit davon entfernt, das Original treu vorzustellen. Dennoch, wenn nur im Ganzen einige Aehnlichkeit da ist, so sieht das Auge des Zöglings, weil es noch wenig geübt ist Ausdehnungen zu messen, die Größen der Abzeichnung und des Originals als ganz gleich an. So wie er sich befleißigt, bildet sich seine Hand, das Auge lernt besser messen, und folglich wird die Abzeichnung dem Original ähnlicher. Dann, wenn der Zögling seine ersten Zeichnungen betrachtet, findet er bei der Vergleichung derselben mit dem Original ungeheure Verschiedenheiten, die ihm doch nicht aufgefallen waren als das Werkzeug seines Gesichtes noch unvollkommner war. Indem er so Fehler erblickt, die seine Sinne noch kürzlich außer Stand waren zu entdecken, erkennt er, daß seine Sinne bessere

Messungswerkzeuge geworden sind, und daß sie eine neue Vollkommenheit erlangt haben; er freut sich seiner Fortschritte, und dies Vergnügen verdoppelt seinen Eifer zur Arbeit.

Wenn der Zögling nicht von selbst diese Zusammenstellungen macht, so muß ihm der Lehrer dazu helfen, und durch die schon gemachten Fortschritte ihm die zeigen, die man vernünftigerweise zu hoffen berechtigt ist; dies ist das Mittel, den jungen Leuten Liebe zur Arbeit einzuflößen.

Man sieht dagegen unverständige Lehrer, die, um ihre Ueberlegenheit zu zeigen, immer mit verächtlichem Mitleiden die Versuche ihrer Schüler ansehn, und nichts als Fehler daran finden. Ich wünschte, man befolgte einen ganz entgegengesetzten Weg. Nie sollte man den Schülern über ihre ersten Versuche auch nur Einen Vorwurf machen. Diese Versuche können an sich selbst weder lobenswerth, noch tadelnswerth seyn; sie sind, wenn ich so reden darf, eine Thatsache, die den Grad des Fortschrittes beweist, den das Gesichtsorgan und die Geschicklichkeit der Hand eines Zöglings schon erworben hatte im Augenblick, wo er in die Schule aufgenommen wurde.

So wie der Schüler voranschreitet, wünschte ich, daß man ihn sorgfältig bemerken machte was er erwirbt, und daß man ihm stufenweise zeigte was er noch erwerben muß; um ihn unaufhörlich aufzumuntern und nie abzuschrecken.

Was ich vom Zeichnen sage, könnte ich mit eben so vielem Rechte von allen andern Arten von Studien behaupten, die zum Zweck haben, unsre physischen Eigenschaften, und mit ihnen unsre moralischen zu vervollkommnen; ich sage es gleichfalls von der so schweren und so seltenen Geschicklichkeit, Lehrlinge gut zu bilden in den verschiedenen Zweigen des Gewerbfleißes.

Es giebt eine an sich selbst sehr beschwerliche Unbequemlichkeit, die jedoch glücklicherweise ziemlich selten vorkommt. Bei manchen Personen nämlich ist das Gesicht viel geübter

als die Hand, wenn sie anfangen zu zeichnen. Dann urtheilt der Geist nur zu gut von den Entfernungen, Gestalten und Umrissen, und er zeigt sie der Hand an; diese jedoch kann sie für jetzt nur noch unvollkommen darstellen.

Es folgt daraus, daß unser Blick beleidigt wird von den Fehlern unsers eignen Werkes, und daß uns Mißmuth ergreift. Ich kann von dieser Unannehmlichkeit mit Sachkenntniß sprechen; denn da immer mein Blick richtiger war als meine Hand, so lernte ich auch das Zeichnen nie anders als mit Unmuth. Dies ist das einzige Studium, das mir mehr Mühe gekostet, als Freude gemacht hat.

Folgen wir dem Gesichtssinne in einem noch größern Voranschritte. Schätzen wir die Ausdehnungen der Gegenstände ab indem wir in Gedanken sie messen, wenn sie nicht alle zugleich gegenwärtig sind.

Nach einer ziemlich unbeträchtlichen Zeit gelangt man zu der Geschicklichkeit, einen Kopf, den man vor Augen hat, ähnlich abzuzeichnen. Aber es erfordert besondre Umstände, selbst für Männer von seltenem Talente, wenn sie einen Kopf sollen zeichnen können, den sie nur Einmal gesehn haben, ohne das Muster wirklich vor Augen zu haben. Dennoch ist auch dies eine Art von Geschicklichkeit, die man sich erwerben kann. Ein Mann, der den nämlichen Kopf zehn, fünfzehn, zwanzig, dreißig Mal nacheinander abzeichnen würde, müßte zuletzt die Züge desselben seiner Einbildungskraft einprägen, und im Stande seyn sie wieder darzustellen, ohne daß er diesen Gegenstand vor sich hätte. Der Künstler, der sich gewöhnen würde, so aus dem Gedächtniß zu zeichnen, müßte gewiß zuletzt einige Leichtigkeit in dieser Art von Arbeiten erlangen.

Es giebt gewisse Bilder, die man überall und alle Augenblicke wieder antrifft, das des Landesfürsten zum Beispiel. Es wird in allen öffentlichen Gebäuden der Ehrfurcht der Völker dargestellt, es findet sich auf allen Nationalmünzen,

die man dadurch von fremdem Geld unterscheiden kann; der Kupferstich davon ist bei allen Kunsthändlern ausgestellt, so auch bei allen öffentlichen Kunstausstellungen: endlich stellen Bildsäulen, Brustbilder, Gemälde, die man in allen zu großen Versammlungen bestimmten Orten findet, dem Zuschauer dasselbe Bild dar. Es ist also durch die Gewohnheit jeder Einbildungskraft eingeprägt; daher sind auch die meisten Zeichner im Stande, es nachzuzeichnen, ohne daß sie je das Gesicht dessen selbst gesehn haben, von welchem sie dennoch sich eine sehr klare Vorstellung machen können.

Man hat zuweilen gesehn, daß ein Künstler, nach dem Verlust eines Vaters, eines Bruders oder eines Freundes die Züge desselben treu wieder dargestellt und so in seiner Einbildungskraft ein Bild wieder gefunden hat, das dem ähnlich war, der so oft seinen Blick erfreut hatte durch das Vergnügen, ein andres Ich zu betrachten.

In andern Fällen sah man Künstler, da sie sonst auf keine Weise einen Dieb bezeichnen konnten, der sie angefallen hatte, ein auffallend ähnliches Bild desselben zeichnen, so sehr hatte der Anblick des Räubers, dessen Opfer sie wurden, in ihren Sinnen einen starken, tiefen und dauerhaften Eindruck zurückgelassen.

Das Studium kann uns in Stand setzen, bis auf einen sehr hohen Grad eine der kostbarsten Geschicklichkeiten unsers Verstandes zu erwerben, wenn wir die Beobachtungen unsrer Sinne gut zu leiten wissen. Zuerst muß man lernen über die Gleichheit zweier vor Augen liegender Gegenstände zu urtheilen; dann über dieselben Dinge, wenn sie von einander getrennt sind: dies kann nur geschehn, indem man sich einen sehr klaren und genauen Begriff von ihrer Größe und ihren Gestalten zu erwerben sucht. Hier ist der Gebrauch der Maße sehr vortheilhaft.

Wenn wir öfters eine große Anzahl von Dingen messen, deren Ausdehnungen verschieden sind, so gelangen wir dazu,

in unsrer Einbildungskraft die Größe dieser Dinge, in Maßen ausgedrückt, festzuhalten. Dann entwirft sich gleichsam in uns eine neue Darstellung von denselben Gegenständen.

Wenn wir zum Beispiel ein Gebäude sehn, so entdecken wir mit Einem Blicke, wie groß seine Länge und Höhe ist, und die Ausdehnung aller seiner Theile. Es ist nun nicht mehr eine unbestimmte Ansicht, die sich unsern Blicken darstellt, sondern ein geometrisches Gemälde, das wir hernach, selbst wenn die Dinge abwesend sind, wieder entwerfen können.

Auf den Reisen, deren Zweck es ist, die Denkmäler der Völker, ihre Kunstwerke und die Erzeugnisse ihres Gewerbfleißes zu studiren, muß man oft auf diese Art seine Sinne und seine Einbildungskraft üben. Als ich die Anstalten des Kriegs- und Seewesens in Großbrittannien besuchte, hatte ich nicht die Erlaubniß, die Gebäude und die Maschinen zu messen, welche sich in den Zeughäusern dieses Landes vorfinden. Dann gewöhnte ich meinen Blick an das Messen, und meine Einbildungskraft an das Behalten der Ausdehnungen und Gestalten der Gegenstände. Ich drückte durch Zahlen die Gestalten der Baukunst aus, und die mechanischen Zusammensetzungen, die man mir zu betrachten erlaubte; ich prägte sie so viel möglich meinem Gedächtniß ein. Dann stellte ich auf dem Papier wieder dar, was ich in meinem Vorstellungsvermögen niedergelegt hatte.

Wenn ihr euch in dieser Art von Verstandesarbeiten übt, so wird es sicher jedem unter euch bis auf einen gewissen Grad gelingen. Ihr müßt einsehn wie viele Vortheile dies Studium für euch haben wird, wenn ihr wichtige Anstalten besucht, wo ihr nichts messen könnt, außer mit dem Auge; entweder weil man euch nicht erlaubt, andre Maße zu nehmen, oder weil ihr nicht Zeit genug hättet, diese Arbeit zu vollenden.

Das Gesicht kann auf viele andere, sehr wichtige Arten geübt werden, nach den verschiedenen Gewerben, die es ge-

brauchen. Ich will mich bloß mit der Anführung der Kriegskunst begnügen.

Bis jetzt sprach ich euch nur von der Größe und Gestalt der Gegenstände, ohne die Entfernung zu berücksichtigen, die sie vom Zuschauer trennt. Es ist sehr wichtig, diese Entfernung richtig abzuschätzen, und die Betrachtung derselben offenbart uns eine der wundervollsten Verfahrungsarten, die unsre Sinne, als Messungswerkzeuge betrachtet, vollbringen. Wenn ein Gegenstand sich uns nähert, so erscheint er uns immer größer; hingegen wenn er sich entfernt, so scheint er uns immer kleiner. Wir müssen folglich das durch den Anschein unsern Sinnen dargestellte Maß des Gegenstandes berichtigen. Die Erfahrung, die wir in dieser Hinsicht erwerben, lehrt uns in vielen Fällen, uns vor Täuschung bewahren.

Wir wissen zum Beispiel, daß ein Ochs, ein Pferd, ein Mensch ihre Größe und Masse nicht vermindern, wenn sie sich von uns entfernen; wir denken sie uns also von gleicher Größe, welches auch die Vermehrung oder Verminderung des Zwischenraumes seyn mag, der sie von uns trennt.

Wir thun noch weit mehr; wir lernen die Größe zweier, von unserm Auge nicht gleichweit entfernter Dinge vergleichen. Wenn wir unsern Gesichtssinn recht geübt haben, diese Art von Maßen zu nehmen, so bezeichnen wir genau den größten von diesen Gegenständen, obschon er oft der entfernteste ist, und folglich unserm Auge das kleinste Bild zusendet.

Ich sehe einen großen Palast durch eine Fensterscheibe; ich schließe aber darum nicht, daß der Palast kleiner sey als die Scheibe, deren Rahmen das Bild jenes Gebäudes einfaßt: ich schließe vielmehr, daß die kleinen Vierecke, die ich in den Fenstern des entfernten Palastes kaum unterscheide, an Ausdehnung gleich seyn müssen der so nahe liegenden Scheibe, die auf meiner Netzhaut ein so großes Bild hervorbringt. Hier hätten meine Sinne mich täuschen können; aber meine Urtheilskraft schließt durch eine Reihe von stren-

gen Folgerungen mit Gewißheit auf die Wahrheit, nach dem Anschein, der mir sie zu entstellen scheint. Dies ist die Kunst, die Angaben der Sinne zu berichtigen, und daraus mit strenger Genauigkeit auf das Maß der Größe und der Gestalt der Dinge zu schließen.

Wenn die Maler irgend ein Bauwerk nicht in den gewöhnlichen Proportionen vorstellen, so gebrauchen sie ein eben so einfaches als sinnreiches Mittel um uns einen Begriff von der Größe des Denkmals zu geben: sie zeichnen einen Gegenstand dazu, dessen Größe uns wohl bekannt ist, einen Menschen zum Beispiel. Sogleich wird dieser Mensch unsre Maßeinheit; der Gesichtssinn mißt das Verhältniß der Größe dieses Menschen zur Größe des Denkmals, und so können wir diese uns vorstellen.

Es giebt in Italien Städte, wo man Theater vom ersten Rang findet, die mit Drahtpuppen besetzt sind. Man spielt darauf Opern, Melodramen, Trauerspiele, Lustspiele und sogar Ballette. Die kleinen Schauspieler sind richtig proportionirt zu der Größe des Saals und der Dekorationen, und diese genau proportionirt nach den Abstufungen der Linear- und Luftperspektive; vom ersten Augenblick an bemerkt man, daß man in ein kleines Theater eingetreten ist. Geht der Vorhang auf, so sieht man wohl, daß das Stück nicht durch große Personen vorgestellt wird. Allein wenn man in die Coulissen geht, so ist man erstaunt zu sehn, daß die kleinen Künstler, welche Fürsten von heldenmäßigem Wuchse, wie Agamemnon, Achilles und Herkules vorstellen, nicht mehr als handhoch sind. Dies ist die Wirkung einer wohl berechnenden Optik, alle Gegenstände zu vergrößern.

Italien stellt ein Beispiel von viel größerer Wichtigkeit dar an Gegenständen, die weit unter ihrer natürlichen Größe zu seyn scheinen.

In der unermeßlichen Peterskirche zu Rom sieht man Bildsäulen und erhabene Figuren nach einem viel größern Maß-

stabe gearbeitet, als der der Natur ist, und proportionirt nach der Größe der Bögen, der Pfeiler und der Säulen. Wir denken uns zuerst, die menschlichen Gestalten seyen von natürlicher Größe, und das Gebäude wird durch diesen Irrthum auf ziemlich gewöhnliche Ausdehnungen herabgesetzt. Fallen aber unsre Blicke auf einen Mann oder eine Frau, die dies Prachtgebäude besuchen, dann wird gleich alles riesenhaft vor unsern Augen, und die vollkommne Uebereinstimmung der Verhältnisse giebt diesem unermeßlichen Bauwerke eine Ansicht von Majestät, die nur durch Ordnung in der Größe bewirkt wird. Ich selbst habe diese doppelte Empfindung gehabt, als ich jenes kolossale Gebäude besuchte, dessen wundervolle Wirkung ich euch nur unvollkommen schildern kann.

Wir erblicken kaum einen schwarzen Punkt am Ende eines sehr langen Baumganges, und wir unterscheiden keinen Theil einer bestimmten Gestalt; der Gegenstand nähert sich, und schon schließen wir, es müsse ein Mensch seyn; oder Jemand versichert uns etwa dies. Sogleich unterscheidet unser Gesicht klar den Kopf, den Körper, die Arme und Füße des vorher so verworrenen Gegenstandes, weil hier unsre Einbildungskraft den Sinnen zu Hilfe kommt; sie vervollständigt das Bild des Gegenstandes, der sich unsern Blicken darstellt.

Wir betrachten einen Anschlagzettel in solcher Entfernung, daß wir nichts darauf lesen können; aber es liest ihn Jemand neben uns, und plötzlich unterscheiden wir alle Wörter und Buchstaben, die zuerst unsern Blicken nur eine unförmliche und verworrene Masse darstellten.

Wenn ein Körper ohne Farbe, ohne Schattirungen und Schatten sich uns nähert oder von uns entfernt, so haben wir kein Mittel zu urtheilen, ob er wirklich seine Entfernung von uns ändere, oder ob er größer oder kleiner werde. Dies ist die Quelle einer Menge von Irrthümern, in die unsre Sinne bei Nacht uns führen. Das Gefühl dieses Unvermögens, die Veränderung in der Lage der Dinge die wir

erblicken vorauszusehn, läßt uns empfinden, daß jeden Augenblick eine Gefahr uns bedrohen kann, ohne daß unser Geist ein Mittel besitzt, darüber richtig zu urtheilen. Daher jene Furcht in der Finsterniß, die man besonders im frühesten Lebensalter, bei dem schwächern Geschlechte bemerkt, und bei den erwachsenen Menschen die am unwissendsten oder am wenigsten Herrn über ihre Einbildungskraft sind. Daher jene Währwölfe, Gespenster, Spukgeister, die bei den noch in der Kindheit befindlichen Völkern Nachts die Menschen verfolgen, und die bei gebildetern Völkern nur noch Kinder und alte Mütterchen schrecken.

Um die Unzulänglichkeit des Gesichtsinnes zu ersetzen, suchen die in der Finsterniß sich befindenden Personen zu unterscheiden ob die von unsichtbaren Dingen herkommenden Töne stärker oder schwächer werden; sie strengen außerordentlich ihr Gehör an und erlauben sich kaum zu athmen. Allein oft stellt ihre geschreckte Einbildungskraft das anders dar, was die Sinne vernehmen, und der in Furcht gesetzte Mensch glaubt Stimmen zu hören, welche er unwillkührlich den fürchterlichen Erscheinungen zuschreibt, die bis im Innersten seiner Seele Entsetzen und Schrecken erregen.

Wenn Verbrechen das Leben eines Menschen befleckt haben, so fürchtet er die Finsterniß noch mehr. Die Erscheinung seiner Freveltaten stellt sich seinen Blicken dar, und das Geschrei seiner Schlachtopfer wiederhallt in seinen Ohren; alles täuscht seine Sinne und alles verdoppelt die Macht der Gewissensbisse. Wenn aber der Tag erscheint, dann sieht der Verbrecher, daß um ihn her noch Alles in der natürlichen Ordnung ist; seine aufgeschreckte Einbildungskraft wird nach und nach ruhiger, seine Sinne nehmen ihre Richtigkeit wieder an; seine Gewissensbisse lassen ihm nur noch eine innere Qual zurück, welche die ewige Strafe der Herzen ist, die der Tugend nicht treu waren. — Dies sind die Folgen der Irrthümer unsrer Sinne über die Entfernung und den Anblick der Dinge.

Wenn wir bei hellem Tage anfangen, Körper zu unterscheiden, so rufen wir eine Menge Nebenempfindungen der einfachen Auffassung ihrer scheinbaren Größe zu Hilfe. Sehn wir ihre Farben stufenweise schwächer werden, ihre Schatten zugleich minder stark ausgedrückt, indeß die Ausdehnungen ihres Bildes sich verkleinern, so denken wir nicht, daß die Körper selbst kleiner werden: die Entfernung aber, die uns von ihnen trennt, muß, wie wir uns denken, größer geworden seyn.

Die Perspektive ist die Kunst die Augen zu betrügen, indem man die Dinge so vorstellt, daß ihre Größe, ihre Färbung und die Stärke ihrer Schatten auf unser Gesichtsorgan einen zusammengesetzten Eindruck bewirken, der macht, daß wir sie uns in ganz andern Entfernungen denken, als die ihres Bildes ist.

Die Kunst des Dekorationsmalers für Theater, die heutzutage so weit getrieben wird, beruht auf einer gründlichen Kenntniß der verglichenen Abstufungen der Entfernungen, der Farben und Schatten; einer Kenntniß, die wesentlich nöthig ist für die Malerkunst, für das Zeichnen der Perspektive und für die Verfertigung von halberhabener Bildhauerarbeit.

Eine entgegengesetzte und in vielen Fällen kostbare Geschicklichkeit ist die, bei dem bloßen Anblicke die wahre Größe und die Entfernung der Dinge zu beurtheilen, ohne sich irre führen zu lassen durch irgend eine perspektivische oder optische Täuschung. Der von einem Feind verfolgte Seefahrer erkennt denselben so weit man nur sehen kann, beurtheilt seine Entfernung, seine Größe und Stärke, und welcher Nation er angehöre, an gewissen Zeichen; indeß die Reisenden auf dem Schiffe, die ihr Gesicht nicht geübt haben, Maße dieser Art zu nehmen, kaum einen graulichen Punkt erblicken, der sich an den Grenzen des Gesichtskreises verliert: dies ist der Feind.

Im Landkrieg ist es nicht minder wichtig, daß man das Gesicht übe, diese Art von Maßen zu nehmen. Nach der

Waffengattung, die man führt, muß man sich in eine gewisse Entfernung stellen, wenn die Kugeln, die man abschießt, eine kräftige Wirkung thun sollen. Diese Entfernung muß der Offizier, der das Feuer anordnet, mit Genauigkeit beurtheilen und sie messen, nicht mit der Hand, sondern bloß durch die Kraft des Verstandes, um den günstigsten Augenblick in allen Umständen zu benutzen. Es ist ziemlich leicht eine solche Entfernung zu beurtheilen für Waffen, die nicht sehr weit schießen, wie das Pistol und die Flinte. Es ist sehr schwer sie zu beurtheilen für Waffen, die sehr weit, und die auf verschiedene Entfernungen treffen, wie Mörser, Haubitzen und Kanonen von verschiedenen Längen und Ladungen. Der Artillerieoffizier und der General, der jede Truppengattung befehligt, müssen also gründlich die Maße der Entfernungen studirt haben von den kleinsten bis zu den größten, um auf den Schlachtfeldern die vortheilhaftesten Stellungen einnehmen, und im günstigen Augenblick jede Gattung von Feuer anfangen oder schweigen lassen zu können.

Indem man oft verschiedene Entfernungen auf Ebenen und in Berggegenden mißt, kann man dazu gelangen, diese so nothwendige Abschätzung der Entfernungen zu lernen.

In den Manufakturen und den gemeinsten Werkstätten muß auch der Vorsteher sein Gesicht gewöhnt haben, die Größe und Gestalt der Dinge richtig zu beurtheilen, ohne daß er nöthig hat sie langsam mit Lineal und Zirkel abzumessen. Dadurch entdeckt er augenblicklich ob die Erzeugnisse seines Gewerbfleißes und der Arbeiten seiner Untergebnen an sich die beste Gestalt und die tauglichsten Proportionen haben, oder wenigstens solche, daß sie den Personen für die man sie bestimmt, am angenehmsten sind.

Eines der Ergebnisse der Gesittung ist dies: bei einem ganzen Volke durch die Erziehung und die Gewohnheiten des Lebens die Genauigkeit des Gesichtes zu vervollkommnen, wie die der andern Sinne.

Wir schicken den wilden Völkern Kupferstiche, Miniaturzeichnungen und Gemälde zu, die uns mit Recht Meisterstücke des schlechten Geschmacks zu seyn scheinen, und die dennoch ihnen als Meisterstücke des guten Geschmacks vorkommen: dies ist für schlechte Künstler ein sehr kostbarer Handelszweig. Ein solcher Unterschied rührt daher, weil bei uns die einfältigste Person aus dem Volke den Gesichtssinn genug geübt hat, um Uebelstände zu messen, die dem rohen Auge des Barbaren entgehen.

Ein und dasselbe Volk, so wie es in der Gesittung voranschreitet, beurtheilt die Arbeiten seiner Voreltern wie der Zögling, der in der Zeichenkunst Fortschritte macht, seine ersten Umrisse beurtheilt.

Man nehme ganz zufällig einen einfachen Arbeiter von Paris, der an Festen und Sonntagen die Museen des Louvre und Luxemburg besucht hat, und frage ihn was ihm der schönen menschlichen Natur am meisten zu gleichen scheine von Apoll, Herkules, der Jägerin Diana, oder von den Bildsäulen, welche die Portale von St. Germain oder Notre-Dame zieren. Er wird unbedenklich antworten, daß er die erstern bewundere, und daß, damit verglichen, die letztern Bildsäulen ihm wie steinerne Affen vorkommen. Dennoch waren diese Affen die Meisterstücke ihrer Zeit; das Volk und der Hof geriethen bei ihrem Anblick in Entzücken und staunten, wie man so vollkommen die schöne Natur nachahmen könne. Solche unermeßliche Fortschritte hat in Frankreich der Gesichtssinn gemacht, von jenen rohen Jahrhunderten an bis auf unsere Zeiten.

Wenn wir junge Maler, Bildhauer und Baumeister nach Italien schicken, so geschieht es nicht nur um mühsam einige Gemälde, Paläste und Bildsäulen nachzuzeichnen; sondern darum, damit sie mehrere Jahre hindurch jeden Tag Alles sehen, was der klassische Boden der schönen Künste Vollkommnes darstellt; damit ihr Gesichtssinn sich die Empfin-

dung dieser Vollkommenheit aneigne und sie ganz in ihre Einbildungskraft übertrage, wenn sie wieder in unser Vaterland zurückkommen.

Wir haben gesehn, daß ein ganzes Volk in weiter Ausdehnung seinen Gesichtssinn vervollkommnen kann; in dieser Hinsicht üben die Künstler und das Publikum auf einander einen sehr bemerkenswerthen Einfluß aus.

Die Künstler, wenn sie einmal den wahren Weg eingeschlagen haben, gehn dem Publikum voran, und stellen ihm immer vollkommnere Muster dar als die große Anzahl von Richtern noch ganz zu beurtheilen im Stand ist. Aber jedes dieser Muster vermehrt bei den Betrachtern die Vollkommenheit des Gesichtssinnes. Daher sieht man auch, daß das Publikum strenger wird, je mehr die Künste sich vervollkommnen; das Talent der Künstler selbst arbeitet daran, daß man sie nur bewundert wenn sie sich recht viele Mühe gegeben haben.

Dieser gegenseitige Fortschritt, diese Nacheiferung, dieser bewundernswerthe Kampf zwischen dem Geschmack eines ganzen Volkes und den Talenten seiner Künstler hat nie herrlicher geglänzt als bei den Griechen im Alterthum und bei den Italienern am Ende des Mittelalters; er fängt nun bei den Franzosen an, einen merkwürdigen Schwung zu nehmen. Diesen Schwung zu begünstigen, dahin müssen die Anstrengungen aller Künstler und aller Gelehrten streben; einige haben es schon gethan mit einem Erfolg, der die schönsten, die gerechtesten Hoffnungen erwecken muß.

Ein einziger Maler war hinlänglich, um die Franzosen zur Liebe des wahrhaft Schönen zurückzuführen. Seine Meisterstücke haben unsre thörichte Bewunderung für die lächerlichen Erzeugnisse seiner Vorgänger verschwinden machen; sein Unterricht oder seine Muster haben die Gerard, Girodet, Gros, Guerin und die ganze neuere Schule gebildet. Wenn dieser unerbittliche Meister die Erzeugnisse seiner Zöglinge be-

trachtete, die doch vom Publikum ohne Ausnahme bewundert wurden, so zeigte er schonungslos an, was der Erhabenheit des Styls, der Reinheit der Ausarbeitung, dem Grandiosen des Gedankens noch fehlte. So kann Ein vorzüglicher Künstler alle Künstler eines großen Volkes über sich selbst erheben, und diese können die ganze Nation auf dem Wege der Vervollkommnung fortleiten.

Die Baukunst ist diesem Voranschreiten der Malerkunst gefolgt. Erkennt dies aus den so einfachen und geschmackvollen Häusern, die überall sich erheben in der Hauptstadt, verglichen mit den gothischen Gebäuden des letzten Jahrhunderts und des ihm vorhergehenden; erkennt es an den schönen Marktgebäuden von St. Germain und dem Platz Maubert, die einfach und rein sind in ihren Formen und Proportionen, wie Gebäude des alten Griechenlandes; erkennt es an den neuen Gebäuden der Straßen Castiglione und Rivoli, deren streng gehaltene und grandiose Hallen der Schönheiten von Rom und Florenz würdig sind; an dem neuen Börsengebäude, das zugleich an die Anmuth und Majestät der Propyläen und des Parthenons erinnert. Dieser gereinigte Geschmack ist bemerkbar in unsern Hausgeräthen, die so einfach als zierlich geworden sind, und in allen Erzeugnissen unsers Kunstfleißes. Durch die Wissenschaft des Zeichnens, durch die Vervollkommnung des Gesichtsinnes haben die Franzosen diese große Ueberlegenheit über ihre Voreltern und über fremde Völker erreicht. Aber wir müssen ja nicht glauben die letzte Stufe erreicht zu haben, die man möglicherweise wünschen kann. Ich wage es zu sagen: die in allen Zweigen noch zu bewirkenden Vervollkommnungen sind unermeßlich. Euch, französische Künstler, kommt es zu, diese Vervollkommnungen zu beschleunigen, und so die Schönheit, den Glanz aller Erzeugnisse des Geschmacks und des Talentes zu erhöhen, welche die Zierde gebildeter Länder ausmachen.

Unterwerft Alles, was ihnen unterworfen werden kann, genauen Maßen. Messet nicht nur die absolute Größe der Gegenstände, sondern auch ihre Verhältnisse; studirt die Unterschiede und die Aehnlichkeiten dieser Verhältnisse. Seht nur als schön an was völlig die Vernunft befriedigt, und sucht sie in allen euern Arbeiten zu befriedigen. Erwerbt euch Begriffe von Genauigkeit, von Proportionen und Harmonie aller Art; theilt diese Begriffe Allem mit was euch umgiebt; theilt sie euern Zöglingen mit, auf daß sie mit Erfolg streben, diese Begriffe an ihren Arbeiten in Wirklichkeit übergehn zu machen; theilt sie dem ganzen Publikum mit, auf daß es die Schönheiten eurer Werke würdige, den Werth derselben erkenne, und mit Vergnügen, mit verständigem Urtheil den Preis dafür hingeben könne. Dies ist die große Laufbahn, die ich euerm eignen Vortheil, eurer Ruhmbegierde, eurer Vaterlandsliebe eröffne.

Ich bin weit davon entfernt, alle Arten der Vervollkommnung erschöpft zu haben, zu denen der Gesichtssinn fähig ist. Ich habe bis jetzt nur von den Verhältnissen dieses Sinnes zur Gestalt der Dinge mit euch gesprochen. Was hätte ich euch nicht zu sagen, wenn ich euch von den Verhältnissen des Gesichtes zu den in Bewegung gesetzten Gegenständen spräche, das heißt zu den Dingen, wie sie uns unter gar vielen Umständen erscheinen! Durch die Bewegung leben wir; durch sie urtheilen wir von dem Leben der lebendigen Wesen; durch die Bewegung fassen wir Empfindungen auf und erwerben uns Kenntnisse. Aber durch die Bewegung und ihre Täuschungen begehn wir auch viele Irrthümer sowohl in unsern Handlungen, als in unsern Urtheilen.

Unsre Sinne müssen die Bewegung messen lernen wie sie die Ausdehnung messen lernen. Mit Hilfe der Zeit können wir zu dieser Messung gelangen. Also müssen unsre Sinne und unser Verstand sich die Kenntniß der Zeit und der Dauer erwerben. Wenn wir einen Gegenstand sehn der sich andern

Dingen nähert oder von ihnen entfernt, so müssen wir mit einiger Genauigkeit sagen können wie viel Raum er in einer gegebenen Zeit durchläuft, oder wie viel Zeit er im Ganzen braucht um eine gegebene Entfernung zu durchlaufen. Wir müssen nicht nur über die Bewegungen, die vor unsern Augen vorgehn, im Augenblick wo sie geschehn, urtheilen lernen, sondern auch in unserm Verstande das Maß und die Umstände dieser Bewegungen behalten, damit wir sie vergleichen können, wenn dies nöthig ist.

Die meisten Unternehmungen des Gewerbfleißes bedürfen dieser genauen Kenntnisse. Der Arbeiter muß wissen welcher Grad von Geschwindigkeit am tauglichsten ist für die Räder, die er gebraucht zum Schleifen seiner Werkzeuge, zum Poliren der Oberflächen, zur Verfertigung von Töpferwaaren, Krystallen und Porzellangefässen, ohne daß er, um seine Bewegungen abzumessen, eine Uhr brauchen müsse. Ein anderer muß wissen und weiß wirklich, welches der vortheilhafteste Grad der Geschwindigkeit ist, den er der Säge, dem Hobel, dem Weberschiffchen, u. s. w., zu geben hat, das er gebraucht. Ich führe euch mit Fleiß sehr gemeine und einfache Beispiele an, um euch zu zeigen, daß die Kenntnisse, deren Nothwendigkeit ich behaupte, wirklich allen Gewerben eigen seyn sollen.

Man kann und soll bei sehr vielen Arbeiten des Gewerbfleißes sich durch Werkzeuge helfen, die zum Messen der Zeit dienen. Daher, je vollkommener der Gewerbfleiß eines Volkes wird, desto nöthiger wird es, genaue Zeitmaße zu haben: die Geschichte rechtfertigt diese Behauptungen vollkommen.

Im Jahrhundert Karls des Großen, wo der Gewerbfleiß noch in seiner Kindheit war, urtheilten unsre Voreltern von der Länge der Zeit nur durch die Höhe der Sonne; wie es noch heute die Bewohner unsrer entlegensten Landgegenden thun. Der Chalife Harun Raschid schenkte dem französischen Monarchen die erste Uhr, die Frankreich besessen

hat. Nach und nach erlangten die vornehmsten Städte des Reichs ähnliche Uhren. Die Zahl der Schläge an eine Glocke reichte hin um die Stunden anzuzeigen; nachher zeigten die Uhren, durch veränderte Töne, halbe Stunden, und späterhin Viertelstunden an. Man gieng weiter, und durch Verbindung zweier Zeiger wies man zugleich dem Gesichtssinn Stunden und Minuten.

Dieses Zeitmaß, das so immer genauer wurde, bot große Vortheile dar, um die öffentlichen und Privathandlungen, so wie die Arbeiten des Gewerbfleißes regelmäßig zu verrichten. Aber es konnte weder dem Reisenden dienen, der sich auf den Straßen oft so weit entfernt befindet, daß er keine Uhr sehn noch hören kann; noch dem Arbeiter, oder dem Gelehrten, oder dem Geschäftsmann, die in ihre Arbeit vertieft, oder durch fremdartiges Geräusch zerstreut, oder durch irgend etwas Anziehendes eingenommen, die Stunden nicht schlagen hören, und ihre Stelle nicht verlassen können um auf den öffentlichen Platz zu gehn und die auf dem Zifferblatt angezeigte Stunde zu merken. Dann kam man auf den Gedanken, tragbare Uhren zu machen, die dem Gesichte die Zeit weisen könnten, und man nannte sie Taschenuhren. Vermittelst derselben konnte man zu jeder Zeit und an jedem Ort die Stunde mit großer Genauigkeit wissen. Menschen die an den entgegengesetzten Enden einer großen Stadt oder in verschiedenen Städten wohnten, konnten nun sich einen beliebigen Ort der Zusammenkunft bestimmen um Geschäfte abzumachen, oder zum Vergnügen, indem sie die Stunde und Minute ihrer Ankunft festsetzten. Man maß mit Hilfe dieser Uhren die Dauer sehr vieler Arbeiten, die Länge von sehr vielen Bewegungen. Man lernte aus der Zeit einen genauern und vollständigern Nutzen ziehen, als es die Völker bis jetzt gethan hatten. Diese weise Benutzung der Zeit machte es möglich, mehrere Erzeugnisse und mit mehr Sparsamkeit hervorzubringen; sie führte mehr Regelmäßigkeit, mehr Ord-

nung in vielen öffentlichen und Privatgeschäften ein; sie trug viel zur Vollkommenheit der Künste und Wissenschaften bei. Die Sternkunde und die Schifffahrt verdanken der Kunst, die Zeit zu messen, einen sehr wichtigen Theil ihrer Arbeiten; die Kriegskunst verdankt ihr nicht Geringeres. Oft muß man im Kriege, nach der Kenntniß der Oertlichkeiten und der Entfernungen, die man nicht Zeit hat zu messen und nur mit dem Blick abschätzen kann, die nöthige Zeit beurtheilen, in welcher die Schaaren jeder Waffengattung aus einer Stellung in eine andre übergehn sollen. Dazu kann man nur gelangen wenn man eine Fertigkeit sich erwirbt, durch wirkliche Messungen die durchlaufenen Entfernungen mit der zum Durchlaufen gebrauchten Zeit zu vergleichen.

Das Gesicht allein würde hinreichen uns ein Maß der Zeit zu geben durch Betrachtung der Bewegung der Körper; das Gehör giebt uns auch dasselbe Maß durch Berechnung der Dauer der Töne. (Siehe zweite Vorlesung.)

Der Exerzirmeister, der den Rekruten kommandirt, nach den Geschwindigkeiten des gewöhnlichen oder des Geschwindschrittes: 1, 2; 1, 2, u. s. w., hat sich das Gefühl der Dauer erworben, welche diese gleichen Zeiträume haben. Sieht er hernach seine Rekruten marschiren, wie ein Offizier der seine Schaar marschiren sieht, so urtheilt er von der Geschwindigkeit durch den bloßen Anblick.

Wenn man sich bewegende Menschen, Pferde, Fuhrwerke, Schiffe beobachtet, so kann man gleichfalls seinen Blick gewöhnen, die Geschwindigkeit ihrer Bewegung abzuschätzen, zu messen; wie der Musikkenner, bei dem bloßen Hören einer Arie und ohne auf ein Notenbuch zu schauen, die Bewegungsart kennen lernt, nach welcher das Abspielen dieser Arie geschieht.

Alle diese Arten von Kenntnissen haben ihren Nutzen in einer großen Anzahl von Künsten. Bei dem bloßen Anschauen, und in andern Fällen bei dem bloßen Hören der Arbeit sei-

ner Werkleute, muß der Vorsteher einer Manufaktur oder einer gewöhnlichen Werkstätte ihnen sagen können, ob sie zu geschwind, oder zu langsam arbeiten.

Andre Studien werden uns lehren, nicht mehr nur Längen und Zwischenräume von Ausdehnung und Zeit messen, sondern auch Farben und Töne. (Siehe zweite Vorlesung.)

Die Kenntniß der Farben ist unentbehrlich für den Maler, den Färber, den Maler von Theaterdekorationen und Zimmerverzierungen; sie ist nothwendig in vielen Künsten, deren Erzeugnisse mehr oder weniger gesucht werden, je nachdem ihre Oberfläche mehr oder minder verschönert ist durch Farben, die mit Verstand ausgewählt sind. Also muß der Künstler sich davon eine ausgebreitete und richtige Vorstellung bilden, so wie ein Maß von ihren Schattirungen, ihren Abwechslungen und ihrem Zusammenstimmen. Einige Völker besitzen diese Kenntnisse im höchsten Grad; viele andre haben nur die gröbsten Vorstellungen davon.

Alle Klassen der barbarischen Völker, und bei den gebildeten die entlegensten Landbewohner wollen starke und grell hervorstechende Farben. Deßwegen war von der Kindheit der Nationen an Dunkelroth das Sinnbild und die Zierde der höchsten Gewalt; so wie Scharlach die von den Landbewohnern vorgezogene Farbe ist; es ist der Purpur des Dorfes. Weniger grelle Farben passen für Menschen, deren Sinne feiner sind; weil die Menschen, deren Sinne mehr Richtigkeit erlangt haben durch Anwendung vernünftiger Vergleichungen, eine Menge von Beziehungen auffassen, die dem gemeinen Volk entgehn. Diese Genauigkeit, diese Feinheit des Ueberblickes bringen die Zartheit des Geschmackes hervor.

Hier könnte ich, wie ihr seht, hinsichtlich der Farben, wie ich es in Beziehung auf die Größe und Gestalt der Dinge gethan habe, euch das Gemälde der Fortschritte des Geschmackes bei den in Gesellschaft lebenden Menschen darstellen.

Zweite Vorlesung.

Vom Gehörsinn, als Maßwerkzeug betrachtet, und von der Leitung, die man durch ihn den Kräften des Menschen geben kann.

In der ersten Vorlesung habe ich den Gesichtssinn als Messungswerkzeug betrachtet. Ich habe gezeigt, wie der Mensch, durch die Fertigkeit zu beobachten und zu vergleichen, diesen Sinn weniger unvollkommen machen kann, und tauglicher, ihm bei seinen Arbeiten zu helfen. Ich habe mich besonders bemüht zu zeigen, wie sehr dieser Fortschritt des Gesichtssinnes die Vervollkommnung begünstigt, sowohl in den schönen als in den nützlichen Künsten, die das Gebiet des Gewerbfleißes ausmachen.

Diese Vorlesung soll ähnlichen Betrachtungen über den Gehörsinn gewidmet seyn.

Die Empfindungen, die das Gehör unserm Verstande mittheilt, unterscheiden sich durch drei äußerst verschiedene Eigenschaften; nämlich: 1) die Dauer; 2) die Stärke; 3) die Höhe oder Tiefe der Töne.

Das Ohr lernt stufenweise die Dauer der Töne und die Zeiträume der Stille messen. In sehr vielen Künsten ist die durch die Sinne erworbene Kenntniß dieser Dauer unentbehrlich. Durch Wiederholung ähnlicher, von mehr oder minder langen Zwischenräumen von Stille getrennter Töne gelingt es, dem Gehörsinne die Kenntniß, oder wie man sagen könnte, das Gefühl der Dauer zu verschaffen, welche diese Zwischenräume haben. So gebraucht man bald die Stimme eines Exerzirmeisters, bald die Töne der Trommel

oder der Musik, um den neu angehenden Soldaten das Gefühl eines mehr oder minder beschleunigten Maßes zu geben, nach den verschiedenen Arten von Schritten, die zu den militärischen Bewegungen passen.

Wenn man eine Schaar von Soldaten lehren will, ihre Waffen Alle zugleich zu gebrauchen, so theilt man die Dauer der Zeiten, durch welche jede dieser Uebungen dauern soll, in gleiche Zwischenräume, von denen jeder durch eine Bewegung ausgefüllt wird. Daraus entsteht bei dem Exerziren ein wahrer Takt, der allein die Wirkung hervorbringt, welche man zu erhalten wünscht. Durch dies Mittel werden auf das bloße Commandowort: Ladet das Gewehr! acht bis neunhundert wohlgeübte Soldaten nacheinander, und ohne weiteres Zeichen zwölf Zeiten ausfüllen und mehr als dreißig Bewegungen ausführen mit einer vollkommenen Gleichzeitigkeit.

Diese Erziehung der Sinne geht um so schneller voran, wenn die Rekruten aus einem Volke gezogen sind, dessen Organe im Allgemeinen schon mehr Feinheit erworben haben. Man bildet französische Soldaten, indem man ihnen die Bewegungen erklärt, noch eher, als wenn man sie unaufhörlich vor ihnen wiederholt; aber um Soldaten aus den am wenigsten in der Bildung vorgerückten Gegenden zu bilden, giebt es nur Ein Mittel; nämlich einen Mustermann vor sie hinzustellen, der eine Bewegung nach der andern macht, damit jeder sie nachthue durch sein maschinenmäßiges Nachahmungsvermögen, bis der Rekrute die Fertigkeit darin so weit erworben hat, daß seine Glieder von selbst die Uebung machen, ohne daß je sein Verstand sich darum zu kümmern braucht. Diese großen Unterschiede verdienen die ganze Aufmerksamkeit des wahren Beobachters.

Man muß nicht glauben, daß der Takt und die Uebereinstimmung in den militärischen Uebungen ein bloßer Gegenstand des Luxus und der Parade seyen; sie bringen die kost-

barsten Wirkungen hervor. Sie gewöhnen den Soldaten, alle seine Bewegungen nach der Stimme seiner Vorgesetzten zu ordnen, und nach dem Schalle der Kriegswerkzeuge; sie machen eines seiner Organe folgsamer für die Eindrücke der Töne, und folglich empfänglicher für das Erheben und Hinreißen des Gemüthes, wenn man mit Uebereinstimmung ein großes Ergebniß der Thätigkeit hervorbringen will. Die Völker, die in der Bildung weiter kommen, wenn sie darauf denken, die Kriegskunst zu vervollkommnen, oder daß ich richtiger spreche, sie zu erschaffen, führen eben darum den Rhythmus oder den Takt in alle Bewegungen ein, indem sie zugleich die Geometrie in die Aufstellungen und Richtungen einführen. Diese Vervollkommnung, mehr noch als die Ueberlegenheit der Waffen, giebt den gebildeten Völkern einen unermeßlichen Vortheil über die barbarischen; denn diese übertreffen gewöhnlich die erstern an Ungestümm, so wie an Verachtung des Leidens.

Bei den bürgerlichen Arbeiten findet man auch vielen Vortheil darin, eine Menge von Bewegungen taktmäßig zu machen. Die Schmiede zum Beispiel, die zusammentreten um auf dem Ambos ein und dasselbe Stück Eisen zu hämmern, schlagen es in bestimmten und regelmäßigen Wiederkehren, die nicht nur dem Aneinanderstoßen der Hämmer vorbeugen, und den Zufällen, die dies verursachen könnte; sondern die auch die Ermüdung bei der Arbeit zu vermindern scheinen.

Wenn ein Arbeiter mit einem Geschäfte beauftragt ist, das in der fortdauernden Wiederholung der nämlichen Bewegung besteht, so giebt er bald dieser Bewegung eine beständig gleiche Dauer. Er findet dabei mehrere Vortheile. Einer der ersten ist der, daß für eine gleiche Zeit nur ein gleicher Grad von aufzuwendender, und folglich zu ersetzender Kraft erfordert wird. Ein andrer nicht so bemerkter, aber nicht minder bemerkenswerther Vortheil ist die Art von periodi-

schem Antriebe, der unsern Sinnen mitgetheilt wird durch die regelmäßige Wiederholung der nämlichen Bewegungen; die wundervolle Leichtigkeit, mit welcher unsre Organe sich dieser Wiederholung hingeben, eine Leichtigkeit, durch die man erstaunenswürdige Ergebnisse erlangt. Daraus fließt der wichtigste Vortheil, den die Menschen in der Theilung der Arbeit bei Ausführung der Werke des Gewerbfleißes gefunden haben. (Siehe vierte Vorlesung.)

Von der zartesten Kindheit an haben wir schon Sinn für diese Wiederholung gleicher Bewegungen, und schon geben sich unsre Organe mit einer sonderbaren Leichtigkeit dazu her. Die ersten Wörter, die das Kind aussprechen kann, bestehen alle aus zwei gleichen Sylben, und diese verdoppelten Töne spricht es leichter aus, als wenn sie nur einfach und von einander getrennt sind.

Wenn man Kinder belustigen will, so macht man mit ihnen lebhafte und taktmäßige Bewegungen: bald sieht man alle Zeichen des Vergnügens auf ihrem Gesichte glänzen; ihre Arme, Füße, Augen, ihr ganzes Wesen nimmt den durch diese gleichen und wiederholten Bewegungen gegebenen Anstoß auf.

Man verschafft Kindern eine andre Empfindung des Vergnügens durch lange, sanfte und regelmäßige Bewegungen; man hemmt so zu sagen in ihnen die Geschwindigkeit des Lebens; man hält, wie durch einen Zügel, die Lebhaftigkeit ihrer Organe auf, und bald wird der Schlaf, das heißt die leichte und vollständige Ruhe der meisten Organe, herbeigeführt durch diese lange und einförmige Taktbewegung.

Aehnliche Mittel gebraucht man auf verschiedenen Theatern, um dieselben Ergebnisse des Vergnügens oder Hinschmachtens, des Hinreißens oder Einschläferns hervorzubringen. Man kann beweisen, daß eine große Menge der

durch die Dichtkunst hervorgebrachten Wirkungen mechanische sind, von der nämlichen Art; und man kann durch die Gesetze der Bewegung viele Vorschriften der Rhetorik rechtfertigen. Hier aber ist nicht der Ort, diese Anwendung darzustellen.

Welches sind die Ursachen dieser durch ihre Geschwindigkeit und ihre Wirkungen so verschiedenen Eindrücke, deren Daseyn wir angedeutet haben, indem wir uns bloß auf die Untersuchung von Ergebnissen der Bewegung beschränkten? Warum wird der Gang des Menschen unwillkührlich schneller, wenn er plötzlich einen Marsch von einem lebhaften und stark ausgedrückten Takte schlagen hört? Warum sieht man ihn von selbst langsamer gehn, wenn der Takt der Musik langsamer wird?

Wenn ich schreibe und ein herumziehender Musikant unter meinen Fenstern spielt, so habe ich oft bemerkt, daß meine Feder zuletzt im Takte schreibt, und ihre Bewegungen mit einer Geschwindigkeit macht, die von den Melodien abhängt, welche mein Ohr vernimmt.

Wir kennen noch nicht die Ursache dieser sympathischen Thatsachen. Aber ich will ein Erfahrungsergebniß anführen, welches zeigen soll, daß diese Ursache rein mechanisch ist.

Unsre berühmten Uhrmacher, die Hrn. Breguet, haben bemerkt, daß wenn man zwei Sekundenuhren oder zwei Chronometer auf eine elastische Platte stellt, und in der Geschwindigkeit ihrer Bewegungen nur eine leichte Ungleichheit obwaltet, die Uhr welche am geschwindesten geht, ihren Gang hemmt, und daß die welche am langsamsten geht, den ihrigen beschleunigt, so daß beide zuletzt gleich geschwind gehn, obschon jede, getrennt in ihrem Gehäuse, eine von der andern ganz unabhängige Bewegung hat.

Die Zusammenstellung die ich eben gemacht habe in Ansehung der Eindrücke auf mehrere Menschen und der Bewe-

gung von mehrern Uhren, ist nicht ein leerer Einfall. Gewiß wird auf unsre Organe eine ähnliche Wirkung hervorgebracht, wenn fremde Töne sie in eine schwingende Bewegung setzen, um sie in Einklang zu bringen mit der Geschwindigkeit oder Langsamkeit ihrer Bewegungen. Daher die merkwürdige Wirkung, welche Werkzeuge auf uns machen, die nur Einen Ton geben.

Ich nehme eine Trommel, spanne ihre Saiten stark an, rühre sie mit verdoppelten, gleichen, schnell sich folgenden Schlägen, die kaum unterbrochen werden durch mehr beschleunigte Schläge und heftige Wirbel; und so reiße ich eine Truppenkolonne fort in dem schnellen Schritte der sie auf den Feind losstürzen macht.

Dann spanne ich die Saiten desselben Werkzeuges ab, damit es nicht mehr so schnell sich schwinge; ich bedecke es mit einem Trauertuche, um noch mehr seine Schwingungen zu hemmen; ich lasse einen langsamen und dumpfen Wirbelschlag hören, auf welchen Stille folgt; dann einen einzelnen Schlag, dann wieder Stille; dann ein langsamer, dumpfer Wirbelschlag. So hemme ich die Bewegung aller unsrer Organe; ich bringe Traurigkeit in die Seelen und erwecke den Gedanken an eine Leichenfeier.

Diese beiden Wirkungen bringe ich hervor durch die Sympathie des Gehörsinns mit der Schwingung der tönenden Körper, von denen ich die Luft wiederhallen mache.

Mit der Glocke bringe ich eine ähnliche und nicht minder merkwürdige Wirkung hervor. Durch ein sehr langsames Anschlagen verkünde ich weithin den Tod des Menschen. Geburten und Feste künde ich an durch abwechselnde und schnelle Schläge. Ein Läuten endlich, dessen Schläge wieder gleich und fortdauernd, schnell sich folgend und lebhaft werden, bringt in die Seelen einen Eindruck, der jeden Augenblick

wächst, der sie kräftig und schnell nach dem Orte hintreibt, wo eine Feuersbrunst oder ein Blutbad ist. Dies ist die Wirkung der Sturmglocke.

Die Thiere sogar haben Sinn für diese sympathischen Wirkungen. Der schmetternde Ton des Jagdhorns und der Trompete feuert die Hunde an zum Würgen, und die Pferde zum Kampf. Die Bewegung eines Marsches, wenn sie lebhaft und stark bezeichnet ist, theilt ihre Geschwindigkeit dem edeln Rosse mit, und reißt es unwiderstehlich fort mitten in die Gefahr. Zuweilen sieht man sogar Menschen, welche die Kriegsdrommete mit viel weniger Gewalt gegen den Feind hintreibt.

Bisher sprach ich nur von der Geschwindigkeit der Töne, und von den durch diese Geschwindigkeit auf uns hervorgebrachten Wirkungen. Andre Wirkungen werden hervorgebracht durch die mehr oder minder große Stärke der Töne.

Die Erfahrung lehrt uns, daß die von einem tönenden Körper ausgehenden Schwingungen unser Ohr stärker oder schwächer treffen, je nachdem dieser Körper sich uns nähert, oder von uns entfernt. Ist der von einem schallenden Körper gegebene Ton uns bekannt, so können wir, vermittelst des Gehörsinnes, seine Entfernung in Hinsicht auf uns beurtheilen. So wird derselbe Sinn, der eben ein Messungswerkzeug für die Zeit war, ein solches für die Zeit und die Ausdehnung. Er ersetzt zugleich die zwei Sinne des Gesichtes und des Gefühls.

Die Blinden, die nicht mit dem Gesichtssinn die Entfernungen messen können, sind gezwungen, das Werkzeug sehr zu vervollkommnen, welches das Gehörorgan ihnen zum Messen der Ausdehnung darbietet. Sie erhalten in dieser Hinsicht wahrhaft erstaunliche Ergebnisse. Wir könnten gleichfalls in uns den Gehörsinn vervollkommnen, wenn wir

wie der Blinde, dieses Studium betrieben mit einer strengen Methode der Vergleichung und einer starken Anstrengung der Aufmerksamkeit.

Die schönen Künste haben einen glücklichen Gebrauch von der Eigenschaft gemacht, welche die Töne haben, uns die Annäherung oder Entfernung der Dinge anzuzeigen, welche sie unsrer Einbildungskraft in Erinnerung bringen. Bald ist es ein Thema, das zuerst abgespielt oder abgesungen wird, indem man aus den Werkzeugen oder der Stimme kaum vernehmbare Töne zieht; dann werden sie wiederholt, indem man sie jedesmal verstärkt bis zur Ankunft des durch diesen Stufengang der Musik im Voraus angekündigten Gegenstandes. Eine entgegengesetzte Wirkung malt unsrer Einbildungskraft die Entfernung einer Armee, eines Triumphzuges, die schon auf dem Theater nicht mehr sichtbar sind.

Einer der bezeichnendsten Charaktere des Talentes, das ein berühmter Tonkünstler unsrer Zeit offenbart, ist der, daß er in großer Ausdehnung und durch äußerst feine Uebergänge jene Crescendo's verlängert und abstuft, die der Seele allmählig die lebhafteste und tiefste Bewegung mittheilen, die sich ankündigt durch das Ausbrechen eines allgemeinen Enthusiasmus in einem sehr großen Hörerkreise.

Diese regelmäßigen zu- oder abnehmenden Uebergänge zeigen nicht nur physische Entfernungen und Bewegungen an; sie bewirken in den Seelen Eindrücke, die stufenweise das Vergnügen oder den Schmerz zu- oder abnehmen machen, so wie den Enthusiasmus oder die Niedergeschlagenheit, die Kühnheit oder die Furcht, und die meisten andern Leidenschaften.

Große Redner, Dichter und geschickte dramatische Künstler kennen sehr wohl den Zauber von Bewegungen, die man stufenweise beschleunigt oder hemmt; sie wissen ihn in ihre

Werke und Reden zu legen, um auf die Menschen eine große Wirkung zu machen.

Zugleich, indem die Redner ihre Gründe nach der Ordnung der Stärke aufstellen, so daß sie immer lebendiger überzeugen, drücken sie hinreißende Gedanken so aus, daß sie ihrer Deklamation eine wachsende Schnelligkeit, einen immer größern Nachdruck geben; diese dreifache Uebereinstimmung zwischen der Geschwindigkeit der Worte, der Stärke der Töne und der fortschreitenden Bewegung des Gedankens, ergreift die Organe und den Verstand des Zuhörers durch drei verschiedene Mittel, deren jedes die Macht der beiden andern verstärkt.

Soll man hingegen von der Erhöhung der Leidenschaften und Gefühle auf traurige Vorstellungen, auf schwermüthige Empfindungen übergehn, so fällt die Stimme allmählig, ihre Töne sind tief und langsam; der Zuhörer nimmt unwillkührlich Theil an diesen neuen Empfindungen, die man seiner Seele mittheilen will.

Die Töne, die unser Ohr unterscheidet, sind in ihrer Natur und Stärke verschieden, wie die Lichtstralen es für das Gesichtsorgan sind. Nicht nur kann der nämliche Ton stark oder schwach seyn, sondern gleich starke, gleich schwache Töne können ihrer Natur nach sehr verschieden seyn. In der Musik hat man die Töne, die man darf hören lassen, auf eine sehr kleine Zahl beschränkt, auf achtzig höchstens, welche Verhältnisse zu einander haben, die nicht willkührlich sind. Läßt man sie zusammenhören, so geben die Einen den Gleichton; andre ertönen nur in mehr oder weniger auffallenden, dem Ohre mehr oder minder angenehmen Akkorden; noch andre können nicht zusammentönen, ohne auf das Gehörorgan den unangenehmsten Eindruck zu machen; sie sind daher aus der Musik verbannt.

wie der Blinde, dieses Studium betrieben mit einer strengen Methode der Vergleichung und einer starken Anstrengung der Aufmerksamkeit.

Die schönen Künste haben einen glücklichen Gebrauch von der Eigenschaft gemacht, welche die Töne haben, uns die Annäherung oder Entfernung der Dinge anzuzeigen, welche sie unsrer Einbildungskraft in Erinnerung bringen. Bald ist es ein Thema, das zuerst abgespielt oder abgesungen wird, indem man aus den Werkzeugen oder der Stimme kaum vernehmbare Töne zieht; dann werden sie wiederholt, indem man sie jedesmal verstärkt bis zur Ankunft des durch diesen Stufengang der Musik im Voraus angekündigten Gegenstandes. Eine entgegengesetzte Wirkung malt unsrer Einbildungskraft die Entfernung einer Armee, eines Triumphzuges, die schon auf dem Theater nicht mehr sichtbar sind.

Einer der bezeichnendsten Charaktere des Talentes, das ein berühmter Tonkünstler unsrer Zeit offenbart, ist der, daß er in großer Ausdehnung und durch äußerst feine Uebergänge jene Crescendo's verlängert und abstuft, die der Seele allmählig die lebhafteste und tiefste Bewegung mittheilen, die sich ankündigt durch das Ausbrechen eines allgemeinen Enthusiasmus in einem sehr großen Hörerkreise.

Diese regelmäßigen zu- oder abnehmenden Uebergänge zeigen nicht nur physische Entfernungen und Bewegungen an; sie bewirken in den Seelen Eindrücke, die stufenweise das Vergnügen oder den Schmerz zu- oder abnehmen machen, so wie den Enthusiasmus oder die Niedergeschlagenheit, die Kühnheit oder die Furcht, und die meisten andern Leidenschaften.

Große Redner, Dichter und geschickte dramatische Künstler kennen sehr wohl den Zauber von Bewegungen, die man stufenweise beschleunigt oder hemmt; sie wissen ihn in ihre

Werke und Reden zu legen, um auf die Menschen eine große Wirkung zu machen.

Zugleich, indem die Redner ihre Gründe nach der Ordnung der Stärke aufstellen, so daß sie immer lebendiger überzeugen, drücken sie hinreißende Gedanken so aus, daß sie ihrer Deklamation eine wachsende Schnelligkeit, einen immer größern Nachdruck geben; diese dreifache Uebereinstimmung zwischen der Geschwindigkeit der Worte, der Stärke der Töne und der fortschreitenden Bewegung des Gedankens, ergreift die Organe und den Verstand des Zuhörers durch drei verschiedene Mittel, deren jedes die Macht der beiden andern verstärkt.

Soll man hingegen von der Erhöhung der Leidenschaften und Gefühle auf traurige Vorstellungen, auf schwermüthige Empfindungen übergehn, so fällt die Stimme allmählig, ihre Töne sind tief und langsam; der Zuhörer nimmt unwillkührlich Theil an diesen neuen Empfindungen, die man seiner Seele mittheilen will.

Die Töne, die unser Ohr unterscheidet, sind in ihrer Natur und Stärke verschieden, wie die Lichtstralen es für das Gesichtsorgan sind. Nicht nur kann der nämliche Ton stark oder schwach seyn, sondern gleich starke, gleich schwache Töne können ihrer Natur nach sehr verschieden seyn. In der Musik hat man die Töne, die man darf hören lassen, auf eine sehr kleine Zahl beschränkt, auf achtzig höchstens, welche Verhältnisse zu einander haben, die nicht willkührlich sind. Läßt man sie zusammenhören, so geben die Einen den Gleichton; andre ertönen nur in mehr oder weniger auffallenden, dem Ohre mehr oder minder angenehmen Akkorden; noch andre können nicht zusammentönen, ohne auf das Gehörorgan den unangenehmsten Eindruck zu machen; sie sind daher aus der Musik verbannt.

Der Mensch besitzt die Musik nicht als natürliches Talent; er muß den Gehörsinn daran gewöhnen, die Höhe der Töne, ihre Stärke und ihre Dauer zu messen, ehe er ein Musikstück beurtheilen kann. Ich werde auf diese Wahrheit zurückkommen.

Wenn schon die Trommel und die Glocke hinreichend sind, in uns gewaltige Leidenschaften zu erregen, so kann man sich die Macht der Musik vorstellen, die eine so große Anzahl von Werkzeugen vereinigt und verbindet, von den sanftesten an bis zu den gewaltigsten, von den tiefsten zu den höchsten hinauf.

Die Musik bringt eine um so nachdrücklichere Wirkung auf die Menschen hervor, je feiner und vervollkommneter ihr Gehörsinn ist. In dieser Hinsicht sind die südlichen Gegenden günstiger als die nördlichen. Daher jene Wirkungen der Harmonie, deren Erzählung uns in der Geschichte von Griechenland in Erstaunen setzt: daher jene Begeisterung, die wir heute noch bei den Italienern bemerken für ihre Komponisten und Sänger, die sie auf das Kapitol führen und mit Lorbeeren bekränzen; wie ehmals das weltbeherrschende Volk die Herrlichkeit des Triumphes seinen Helden zuerkannte, die kriegerische Nationen besiegt hatten.

Dieser Feinheit der Organe ist auch die Abwechslung von Harmonie und Anklängen zuzuschreiben, die man in den südlichen Sprachen bemerkt, indeß die nördlichen, mit harten, aus der Kehle gestoßenen, oder durch die Zähne gezischten Tönen überfüllt, absichtlich gebildet scheinen für Organe, die durch die Kälte der nördlichen Gegenden hart geworden sind.

Aber welches auch die Unterschiede seyn mögen, die das Klima im Sprachorgan und im Gehörsinne bewirkt, so kann doch die Kunst diese Fähigkeiten, die wir von der Natur empfangen, sehr vervollkommnen.

Wenn wir aufmerksam die vernünftig angestellte Uebung des Gehörsinnes beobachten, so werden wir darin Fortschritte wahrnehmen, denen ähnlich, die wir in den Uebungen des Gesichtsinnes bemerkt haben. Diese an sich selbst sehr merkwürdige Aehnlichkeit wird überdies dazu dienen, daß sie immer deutlicher die Wahrheit unsrer ersten Bemerkungen, und die Fruchtbarkeit ihrer so nützlichen Folgerungen erweiset.

Der Gehörsinn, als Beurtheiler der artikulirten oder Worttöne, vervollkommnet sich bei einem ganzen Volke. Er wird ein feineres und genaueres Messungswerkzeug, wenn dies Volk Fortschritte macht in Künsten und Gelehrsamkeit. Dieser Sinn erwirbt gleichfalls Vollkommenheit bei einer einzelnen Person durch eine wohlgeleitete Erziehung, oder auch durch mehr oder minder gebieterische Umstände, in denen sich diese Person befindet. Dieses Talent, durch die Erziehung dem Ohr Gefühl für die feinsten Verschiedenheiten der Tonzwischenräume zu geben, brachten die Griechen weiter als irgend ein andres Volk. Sie unterschieden im Klang der bloßen Worte mehr Töne und Abstufungen, als wir deren unterscheiden in den melodiereichsten Gesängen, und ihre Beredsamkeit hatte die Abwechslung, den Reichthum und die Melodie der Musik.

Aber man übte sie auch von Kindheit an, alle Töne des Wortes auf recht sichre und bestimmte Maßeinheiten zurückzuführen. Man lehrte sie ihre Reden gleichsam absingen, wie man uns Gesänge absingen lehrt.

Man muß eben so sorgfältigen Studien jene Schönheit der Harmonie zuschreiben, die in ihrer Sprache die Fremden mit Staunen und Bewunderung erfüllte.

Die meisten Sprachen sind zuerst unförmlich und grob; die Töne welche die Wörter ausmachen, und die Verbindungen von Tönen, aus welchen die Redensarten und Sätze

bestehen, bilden ein rauhes und barbarisches Ganze. Jede Sprache bleibt lang in diesem unförmlichen Zustande. Endlich kommt ein merkwürdiger Zeitpunkt, wo in wenigen Jahren der Gehörsinn der Schriftsteller eine ganz neue Feinheit zu erwerben scheint. Getrennte oder verbundene Töne, die nichts Auffallendes hatten, werden ihnen plötzlich unerträglich; sie verschwinden aus ihren Schriften, wie aus ihren Reden. Zugleich fällt dem Publikum die bis jetzt beispiellose Harmonie auf, die diese talentvollen Menschen ihm zu hören geben; es ist wie wenn ein neuer Sinn, eine ganz neue Mannesreife das Gefühl, das Auffassen der Harmonie entwickelte in den Organen eines ganzen Volkes: man sollte glauben, der Genius der Sprache habe nur diesen Augenblick erwartet, um seinen Aufschwung zu nehmen und sich zur Vollkommenheit zu erheben.

Bei keinem Volke zeigte sich dieser so zu sagen augenblickliche Fortschritt so auffallend, wie bei den Römern. Bis zum Falle von Carthago waren sie arm und roh; ihre Organe waren grob, wie ihre Gewohnheiten; ihre Sprache rauh, wie ihre Denkart. Sobald aber Reichthum und Friede den höhern Klassen einige Muße geschenkt hatten; sobald man im Gefolge der angesehensten Patrizier Schriftsteller aus dem Volke gesehn hatte, die bei den Griechen das Gefühl gewonnen hatten für die Vollkommenheit des Gehörs, da trat eine bisher unbekannte Harmonie ein, die lateinische Sprache zu verschönern. Von Terenz zu Plautus, von Virgil zu Ennius, von Cicero zu den großen Rednern die vor ihm blühten, ist beinahe kein Zwischenraum in der Folge der Jahre; aber der Zwischenraum im Fortschritt der Sprache ist unermeßlich; und das ganze römische Volk ist diesem weiten und schnellen Fortschritte gefolgt.

Die Vervollkommnung war nicht weniger auffallend, nicht minder schnell in der französischen Sprache. Die Fehler der

gallischen Sprache, die so lang der Harmonie und Zierlichkeit ermangelte, beleidigten die groben Sinne unsrer Voreltern nicht, bis zum Anbruch des Jahrhunderts Ludwigs XIVten. Da, wie Boileau singt, kam endlich Mahlherbe, und gab zuerst in Frankreich den Versen ein richtiges Taktmaß.

Es war als würden die Sinne aller Hörer aus einem Zustande der Schlaftrunkenheit gezogen. Der Geschmack ward in Frankreich geweckt gerade mitten in der Laufbahn des großen Corneille, dessen erste Versuche noch etwas von der Rohheit der Sprache an sich tragen, und dessen spätere Meisterstücke so viele Muster darstellen, die eben so den Sinnen, wie der Vernunft gefallen. Und dennoch, ohne darum minder vernünftig zu seyn, trieb Racine die große Kunst noch weiter, die Sinne zu bewegen durch Töne von einer immer vollkommnen Harmonie, die der Denkkraft immer nur solche Bilder hervorrufen, welche sie befriedigen und hinreißen.

Diese Schönheiten der geschriebenen Sprache waren lang vorhanden, ehe die gesprochene ihre Vollkommenheit erreicht hatte; die Kunst sich öffentlich auf der Kanzel, im Gerichtssaal, auf dem Theater auszudrücken, blieb noch in der Rohheit mehr als ein Jahrhundert lang nach der Erscheinung der Meisterstücke der Beredsamkeit und Dichtkunst.

Endlich führten berühmte Redner und Schauspieler von überlegnem Talente die Kunst der öffentlichen Rede ihrem wahren Ziel entgegen; sie verbannten jede systematische Deklamation; indem sie das Innere des Menschen offenbaren wollten, studirten sie die natürlichen Biegungen der Stimme, um die Empfindungen und Leidenschaften in ihrem wahren Ton auszudrücken; sie kamen durch die Macht der Kunst auf den von der einfachen Natur gewählten Ausdruck zurück. Sie lehrten das Publikum an solcher einfachen Schönheit Gefallen finden; und könnte man noch jetzt die Deklamatoren

hören, die man in den beiden verflossenen Jahrhunderten mit Entzücken anstaunte, so würde ihr singendes und schwülstiges Hersprechen französischen Ohren unerträglich fallen; es würde wie die Sprache der Barbaren erscheinen; und doch war es die der Zeitgenossen unsrer größten Schriftsteller. Wer sollte es glauben, daß hundert fünfzig Jahre erforderlich waren, bis man lernte richtig die Schönheiten dieser Sprache auszudrücken, welche durch jene talentvollen Geister errathen, erschaffen worden war; welch schöneres Lob könnte man ihrem Geschmack und ihrer Gefühlsfeinheit geben!....

Ich habe euch schon daran erinnert, wie sehr in den Umständen, wo wir uns nicht durch das Licht helfen können, unser Gehörsinn Aufmerksamkeit und Ernst anwendet, um die flüchtigsten Töne aufzufassen, und ihre feinsten Verschiedenheiten zu bemerken. Der Blinde ist beständig in dieser traurigen Lage. Daher erlangt er auch die Fertigkeit, die Sinnenkraft des Gehörs jedem Geräusch, jedem Schalle zuzuwenden, der sich um ihn her hören läßt. Diese Aufmerksamkeit hat den kostbaren Vorzug, nie durch den Gesichtssinn zerstreut zu werden. Oft hingegen geschieht es denen, die aller ihrer Sinne mächtig sind, daß der Anblick gewisser Gegenstände Einen ihrer Sinne so sehr ergreift, daß ihre übrigen Sinnenvermögen vernichtet scheinen. Man spricht um sie her und sie hören nicht; man würzt die Luft mit Wohlgerüchen, und ihr Geruch wird nicht davon ergötzt; zuweilen berührt man sie mit der Hand, und sie fühlen es nicht. Darauf gründen sich die Scenen, in denen bei Seite gesprochen wird, wie oft die dramatischen Schriftsteller sie erfinden. Sollen aber diese Darstellungen natürlich seyn, so muß der Zuschauer bei dem Sprecher der sie nicht bemerken soll, eine solche Eingenommenheit wahrnehmen, die durch irgend einen äußern Gegenstand oder durch seine eignen Gedanken herbeigeführt wird, daß wirklich dieser Sprechende nicht hören

könne was man neben ihm ausspricht mit einer Stimme, die laut genug ist um in einem weiten Hörsaale vernommen zu werden.

Das Gesicht kann gleichfalls, wenn ich mich so ausdrücken darf, seine Abwesenheiten haben, wenn die Sinnenkraft des Gehörs ganz unsre Aufmerksamkeit fesselt. Wenn eine tiefgedachte Rede uns ergreift, uns hinreißt, dann theilen unsre Blicke der Denkkraft nicht mehr die Vorstellungen mit, welche das Anschauen äußerer Dinge und selbst der Person des Redners erwecken sollte: wir vergessen seine Person, seine Geberden und seine Züge, um ganz seiner Gedankenreihe zu folgen.

In dem engen Kreis der Gesellschaft ist der durch die Redekunst ausgeübte Einfluß nicht so gewaltig, als in einem großen Hörsaale. Dennoch sieht man darin zuweilen Personen, deren Gespräch so viel Anziehendes hat, daß das Vergnügen, welches unser Gehörsinn empfindet, uns vergessen macht was die übrigen Sinne beleidigen könnte.

Eines der Studien, die für uns die wichtigsten sind, ist das, unsre Sinne zu beherrschen, unsre Seele nacheinander, und nach dem Gebote des Willens, den einzelnen Wahrnehmungen des Gesichts, oder des Gehörs, oder jedes andern Sinnes hinzugeben; zuweilen mehrere unsrer Sinne zu zwingen, Eindrücke zugleich wahrzunehmen und gemeinschaftlich unserm Verstande mitzutheilen, deren Natur und Wirkungen er alsdann vergleicht. So gelingt es unsrer Vernunft sich aufzuklären durch alle Arten von Belehrungsmitteln, welche die Natur uns darbietet; so gelingt es ihr, durch die Kraft Eines Sinnes die Irrthümer zu berichtigen, in welche die Schwachheit eines andern uns geführt hatte.

Ergreift mich zum Beispiel die Stimme, die ich vernehme, mit zu hinreißender Gewalt, so muß ich suchen auf den Zu-

gen der Person, die mich so fesselt, die Empfindungen zu lesen, die sie beseelen, und von denen ich nicht urtheilen kann durch Töne, die Verwirrung in meine Seele bringen.

Scheint mir hingegen der Anblick eines Redners zu ehrfurchtgebietend oder zu anziehend, so muß ich den Blick wegwenden, um ihn kälter anzuhören. Manchmal jedoch werde ich vergebens zu dieser List meine Zuflucht nehmen. Denn die Redner, die eine vollkommene Beredsamkeit, und die Schauspieler, die ein wahrhaft großes Talent besitzen, sind die welche, bald gesehn ohne daß man sie hört, und bald gehört ohne daß man sie sieht, im Innersten unsrer Seele eben so tiefe als abwechselnde Eindrücke hervorbringen.

Unter den Personen, welche Künste und Gewerbe treiben, sind sehr wenige berufen ihre Fähigkeiten zu gebrauchen um durch Beredsamkeit zu gebieten, durch den Vortrag zu gefallen und durch die Geberdensprache hinzureißen. Aber in der natürlichen Sprache, in dem einfachen und festen, offenen und zutraulichen Ansehn, welche beide dem nützlichen und von seiner Nützlichkeit recht durchdrungenen Manne ziemen, liegt eine Stärke des Tons, des Blickes und der Haltung, die für diesen Mann und seine Beschäftigung eine Achtung gebietet, welche man nicht ungestraft ihm streitig machen könnte. Dies ist die edle Einfachheit, die dem Gewerbfleißigen ziemt, und die überall bewirken wird, daß man die Stelle ihm einräumt, die er das Recht hat, unter den Ständen der Gesellschaft zu erhalten.

Es giebt einen andern Ton, der dem Herrn einer Werkstätte nöthig ist, um sich Gehorsam, Achtung, Liebe von seinen Arbeitern zu verschaffen. In Frankreich sieht man oft Vorsteher von Werkstätten und Manufakturen, die sich mit ihren Untergebenen zu gemein machen, und die sie zwingen, lange und nicht hieher gehörige Reden, unnütze und zweck-

lose Erklärungen anzuhören. Auch sieht man sie von einer unschicklichen Vertraulichkeit zu den Ausbrüchen eines beleidigenden Zornes übergehn, übermäßig aufbrausen und ein ganzes Gebäude, oft wegen nichtiger Ursachen, mit ihrem Geschrei erfüllen. Bestimmte, kurze, einfache Befehle, dies ist was in allen Geschäftszweigen dem vernünftigen und denkenden Befehlshaber ansteht; Erklärungen, die immer deutlich und so weit entwickelt sind, als es nöthig ist, nie aber weitläufiger. Kurz, ich wiederhole es, nie Zorn, Geschrei, Scheltworte, und besonders nie Schläge: einen Handwerksmann schlagen, heißt, in ihm die Menschenwürde herabsetzen, heißt, ihn bis zur Verworfenheit der Sklaverei erniedrigen. Zeigt dem Arbeiter was er nicht recht gemacht hat; beschließt seine Strafe mit kaltem Blut: er wird nicht darüber murren; und wenn er euer Wohlwollen wiederkehren sieht nach der Vergütung des Schadens oder der Beleidigung, so wird er euch doppelt lieben wegen euers Vergebens und euers Vergessens. Ich scheue mich nicht, dies die Beredsamkeit des Gewerbfleißes zu nennen, die welche der Unordnung und dem Aufbrausen vorbeugt, indem sie zugleich dem Herrn die Zuneigung und Ergebenheit aller seiner Angestellten zusichert.

Wenn die Arbeiter sehn, daß ihr Herr und seine vornehmsten Beamten nur sprechen im Augenblick wo es nöthig ist, so thun sie ihnen dies von selbst nach. Ein bemerkenswerthes Stillschweigen entsteht in den Werkstätten. Jede Person ist ganz bei ihrer Arbeit. Da die Aufmerksamkeit nicht zerstreut wird, so heftet sich der Gedanke des Künstlers stärker an die Arbeit, die er verrichtet. Die Vorstellungen von Vervollkommnung oder Vereinfachung entstehn leicht aus diesem Sammeln der Gedanken.

So müssen die Künste schneller vorschreiten, mehr Arbeit muß gemacht werden in der nämlichen Zeit, und diese Arbeit

muß besser vollbracht werden in Werkstätten, die nicht, wie die Märkte der Obsthändlerinnen, Sammelplätze des unaufhörlichen Uebelklanges eines unerträglichen Geplauders sind.

Als ich die Industrieanstalten in England besuchte, fiel mir überall dies Stillschweigen auf. In den bürgerlichen Werkstätten und den Zeughäusern des Staates, auf den Schiffen des Kriegs- und Handelsseewesens sieht man überall die Arbeiter einzig mit ihrem Tagewerk beschäftigt; sie wenden nicht einmal den Kopf, um einen Besuchenden anzublicken. In den Künsten des bürgerlichen Lebens bringt dieses Schweigen den wichtigsten Vortheil durch die Ersparniß, die es herbeiführt; in den Kriegskünsten ist oft der Sieg der Erfolg desselben.

Die Truppen, die man bei völligem Stillschweigen übt, geben auf das Kommando viel besser Acht; sie behalten ihre Kaltblütigkeit und sind immer ihrer selbst mächtig. Besonders in Seeschlachten sind diese kostbaren Vortheile am meisten bemerkbar. Eine Schlacht, die ein Schiff liefert, ist eine große Industriearbeit. Man muß eine Menge von mechanischen, gefahrvollen und verwickelten Operationen machen, um das Schiff und Geschütz zu regieren, ungeachtet der Hindernisse des Meeres und der Winde, und um die Seeschäden auszubessern selbst mitten unter dem Feuer des Feindes. Kaltblütigkeit und Schweigen ist unentbehrlich, um mit Ordnung und Geschwindigkeit solche Arbeiten zu verrichten. Ich könnte Seeschlachten anführen, die das schweigsamste Volk gewonnen hat durch die Stille und die Methode, die es mitten in der Gefahr zu erhalten wußte.

Es giebt Völker, die von Natur schweigsamer sind als andre. So sind die kalten und trägen Nationen der nördlichen Länder. In Frankreich selbst bemerkt man, daß die Bewohner des Südens ungleich redseliger sind als die der Mitte, und diese gesprächiger, als die des Nordens.

Durch das erste Wort werdet ihr gleich erlangen, daß ein Bewohner des französischen Flanderns ganz still schweigt; dies wird euch schon mit etwas mehr Mühe gelingen bei einem aus der Normandie oder Bretagne; um es von einem Gaskonier oder Languedoker zu erhalten, erfordert es schon eine recht große Geschicklichkeit: aber man muß es als ein Wunder betrachten, wenn ein solches Unternehmen bei den Provençalen gelingt. Diese Bemerkung habe ich für mich selbst gemacht an den arbeitenden Soldaten, die ich im Norden und Süden von Frankreich kommandirt habe.

Ich muß gestehn, daß ich nicht in allen Fällen das Singen aus den Werkstätten und von den Arbeiten verbannen möchte, von welchen ich doch das Plaudern zu entfernen wünschte.

Das Gefühl für den Rhythmus und das Maß, von dem ich euch gesprochen habe, trägt dazu bei, die Ermüdungen der Arbeit, der Schlachten und Märsche zu erleichtern. Der Marsch scheint dem Soldaten nicht so mühsam zu seyn, wenn sein Schritt fortgeführt wird durch die Töne der Trommel oder der Musik; und sein Muth in den Schlachten verdoppelt sich bei dem Schalle kriegerischer Instrumente. Der Ackersmann, der die Erde mit seiner Pflugschar aufreißt, fühlt wie die Mühe seiner Arbeit leichter wird, wenn er seine Schritte mit dem taktmäßig abgemessenen Ton seiner Stimme begleitet. Durch Singen vertreibt der Matrose die Langeweile der Seefahrten und erleichtert die Ermüdung der Manöver. Der ganz mechanische Handwerker endlich scheint dadurch die langweilige Einförmigkeit der Bewegungen verscheuchen zu können, die er immer wiederholen muß, ohne sie je abändern zu dürfen. Die roheste Melodie giebt dem unter den Sinnen, welcher dem Sitze der Empfindung am nächsten liegt, eine Beschäftigung, die zum Verstand und zu dem innern Leben die arbeitende Maschine des Handarbeiters hin-

leitet, der seine Knochen und Muskeln gebraucht wie einen beständigen Hebel und einen Strick ohne Ende, um immer dieselben Erzeugnisse des Gewerbfleißes zu verfertigen.

Bei den Arbeiten, die das Zusammenwirken einer großen Zahl von Arbeitern erheischen, müssen die Menschen, um zu gleicher Zeit ihre Anstrengungen zu machen, die abgemessenen Gesänge von einem ihrer Mitarbeiter hören können. So führt bei den Arbeiten der Künste die Musik den Vorsitz. Daher sagten auch die Alten, die alle Wahrheiten durch Allegorien darstellen, bei dem Gesange Amphions hätten sich die Steine, aus welchen die große Mauer um Theben gebaut wurde, von selbst aufeinandergesetzt; so sehr erleichterte der Zauber der Stimme eines einzigen Mannes die Ermüdung der zu dieser großen Unternehmung gebrauchten Arbeiter.

Nachdem ich den Einfluß der Sprache und seine durch die Vervollkommnung des Gehörs zu erreichenden Fortschritte erklärt habe, will ich von den Fortschritten sprechen, die man dem Gesang, so wie der Musik verdankt, und von ihrem Einfluß auf den Charakter der Menschen und Völker.

Die Alten wollten, daß man ihre Kinder Musik lehre, um die Sitten zu mildern, die durch die sehr heftigen gymnastischen Uebungen hätten verwildern können. Die Musik war einer der Bestandtheile ihrer Bildung; sie hatte auf Orpheus Leier angefangen, über die furchtbarsten Thiere zu siegen; dann zähmte sie den wilden Sinn der ersten Bewohner eines glücklichen Landstriches; sie erleichterte ihre Arbeiten, vermehrte ihre Vergnügungen; mit Hilfe der Leier begleitete sie ihre Dichtungen, und machte ihre Feste bezaubernd durch ein edles und reines Vergnügen.

Um in dieser Hinsicht denselben Weg zu verfolgen, giebt es vielleicht kein Volk, das so große Fortschritte noch zu

machen hätte, als die Franzosen, wenn sie nur bis zur bescheidensten Mittelmäßigkeit gelangen wollen. Nicht als ob es uns an Künstlern von überlegnem Talente gefehlt hätte, die uns Gesänge gaben, welche merkwürdig sind durch ihre Anmuth und Kraft; nicht als ob die Nation völlig gefühllos wäre für die Wirkungen der Musik. Karl der Große gab den Franzosen die Musik; und als zwei Jahrhunderte später die Normannen und die Franzosen vereinigt England angreifen wollten, so giengen sie zur Schlacht, die ihren Sieg entschied, geführt durch die Heldentöne von Rolands Hymne. So waren unsre Väter; und das Geschlecht dieser Helden hat sich nicht entartet in den großen Thaten, die es in denkwürdigen Zeiten vollbracht hat bei dem Schall von Sieges- und Triumphgesängen.

Jedoch dürfen wir ja nicht denken, die Franzosen, von der Natur in Hinsicht auf Eines ihrer Geschenke vernachläßigt, seyen durch die ungünstige Beschaffenheit eines ihrer Sinnenwerkzeuge unfähig, die reinen Töne einer genauen Musik aufzufassen und auszudrücken.

Die Erfahrung selbst widerspricht einer solchen Meinung. Denn wir sehn, daß Frankreich eine Menge Sängerinnen und Sänger hervorbringt, die, sich den kindischen Vorurtheilen unsrer Zeit anschmiegend, nur ein *o*, oder ein *a*, oder besonders ein *i* an das Ende ihres Namens setzen dürfen, um wie die Virtuosen der Länder jenseits der Alpen angestaunt zu werden.

Könnten wir unsre Kinder verhindern einen falschen Ton zu hören, bis zum Augenblick, wo wir ihnen Musiklehrer geben, so würden sie ohne Studium richtig singen. Aber schon in den Windeln wiegen sie ihre Ammen und Wärterinnen unter dem Vorsingen von Melodien, in welchen man nicht einen Ton findet, der nicht die härtesten Ohren

zerreißt: urtheilet daher über den Eindruck derselben auf die zarten Organe der Pfleglinge. Auf den Straßen, in den Kirchen und auf den Theatern selbst finden diese armen Kinder wieder Liebhaber und Künstler, die nur zu oft mit den Wärterinnen und Ammen wetteifern.

In Italien hingegen hört das Kind vom frühsten Alter an nur sanfte und zarte Stimmen, die in seinen Ohren die melodischen Töne einer ganz musikalischen Sprache erklingen lassen. Auf den Straßen, in den Kirchen, im Theater hört es nur reine Töne und harmonisch verbundene Akkorde; und sein Gehörorgan bildet sich von selbst. Unsre Kinder hingegen müssen zuerst verlernen und aus ihrem Gedächtniß alle Spuren auslöschen können von jenem abscheulichen und langen Geplärre, durch welches ihre Ohren vom Tag ihrer Geburt an gequält wurden.

Bemerken wir übrigens, daß die Geschlechter zum Theil die Vervollkommnung der menschlichen Anlagen erben. Diese erstaunenswürdige Uebertragung derselben ist nicht nur bei unserm Geschlechte bemerkbar, sondern auch bei den Thieren. Schon lange haben die Jäger wahrgenommen, daß die Jungen von gut abgerichteten Hunden zur Jagd tauglicher sind, als Junge von solchen, die nicht gelernt haben Wildpret auszuspüren, zu verfolgen, ihrem Herrn zu bringen. Die Jungen der wilden Thiere sind wild wie sie. Nimmt man sie von Geburt an, um sie mit Jungen von derselben Art aufzuziehen, die aber von zahmen Thieren herkommen, so behalten sie wilde Gewohnheiten, von welchen man doch bei ihren Miterzogenen keine Spur bemerkt. Eben so singen die Kinder eines Volkes, dessen Organe noch nicht sehr an Gesang und Harmonie gewöhnt sind, weder recht richtig noch mit Leichtigkeit.

So geschieht es, daß die Franzosen, wenn sie nicht darin lang unterrichtet worden sind, im Allgemeinen nicht im

Gleichton und noch weniger vielstimmig singen können; indeß man in Italien und Deutschland Leute aus den gemeinsten Ständen sieht, die diese Geschicklichkeit besitzen, ohne daß sie nöthig gehabt hätten, von einem Lehrer es zu lernen.

Ich bin überzeugt, daß es möglich ist, in sehr kurzer Zeit dieses auffallende Zurückbleiben der Franzosen in Vergleichung mit Menschen aus andern Völkern, zu heben. Zuerst müßte man den herumziehenden Spielleuten nie erlauben anders, als mit gutgestimmten Instrumenten zu spielen. Vermittelst einiger Lehrstunden könnte man sogar einige Richtigkeit von jener Musik der Blinden erhalten, die sich eine verdiente Berühmtheit erworben hat in der Kunst, die Ohren zu beleidigen, welche für die Harmonie Gefühl haben.

Sehr oberflächlich müßte der Beobachter seyn, der nicht auf der Stelle bemerken sollte, wozu solche Sorgfalt nützen könne. Sie würde den Sitten des Volkes mehr Sanftheit und Anmuth geben. Sie würde für die gewerbfleißigen Stände eine reinere, lebendigere, verschiedenartigere Quelle von unschuldigen Vergnügungen bereiten, die wie von selbst sich zu der Zartheit der Neigung, zu den sanftern Regungen gesellen. Unglücklich müßte der seyn, der das Angenehme und die Wichtigkeit einer solchen Veränderung nicht fühlen sollte.

Ich schließe, indem ich in Hinsicht auf den Geschmack in der Musik der rohen und der gebildeten Völker auf einen Fortschritt aufmerksam mache, dem ähnlich, welchen wir bemerkt haben in Hinsicht auf die Gestalten und Farben.

Um zum Gehörsinne roher Völker zu sprechen, um ihre ungebildeten Kräfte in Thätigkeit zu setzen, erfordert es furchtbare Töne, zerreißende Schälle. Der Osmanne will Cymbeln, der Afrikaner das Tamtam haben. Bei dem anhal-

tenden Geklingel ihrer scharfen Mißtöne erwürgt der Rohe die Besiegten und enthauptet ihre Leichname, um dem Herrscher Geschenke zu bereiten, die mit Stolz angeboten, und mit Wollust angenommen werden.

Bei den halbgebildeten Völkern giebt die Dichtkunst und einiger Begriff von den schönen Künsten dem Menschen schon Sinn für minder rauhe und minder unharmonische Töne. Der Dudelsack des Caledoniers, die sogenannte Galoubet-Flöte des Provençalen, die Trommel des Basken sind die Instrumente, die man nun vorzieht. Das etwas durchdringende, etwas gellende, aber doch liebliche und hinreißende Orchester des Momus begleitet den Gesang des Troubadours, indeß man ohne Vorsicht und sorglos voranschreitet, um der feindlichen Armee Trotz zu bieten. Den folgenden Tag belebt dieselbe Melodie, indem sie den besiegten und losgekauften Feind zum Feste ladet, den Tanz, den Wettlauf, den Gesang und die Turniere des Siegers. So waren die Vergnügungen und der Geschmack des Mittelalters.

Bei einem in der Bildung sehr weit gekommenen Volk endlich, bei einem solchen, wo man von Jugend auf gelernt hat, sein Leben, sobald das Vaterland die Aufopferung desselben erheischte, wirklich hinzugeben, durfte man im Augenblick der Schlacht nichts thun, als die Ruhe der Sinne und den Frieden des Muthes erhalten. Man sah ein Heer kaltblütig kühn seyn, und heldenmüthig aus Grundsätzen; in Bewegung gesetzt durch die Entscheidung des Nachdenkens, nie durch das Fieber der Sinne. Man bekränzte mit Blumen Krieger, die mit gleich heiterm Auge den Ruhm betrachteten, wie den Tod, der ihn verschafft; man brachte durch ihre Hände Opfer den Musen, Töchtern der Gedächtnißgöttinn, und den Grazien, welche die Anmuth des Lebens darstellen. Dann ergriffen sie Waffen, welche bald Lorbeeren umkränzen sollten. Endlich, damit nicht im Schlachtgetümmel Grau-

samkeit ihren Muth irre leitete, giengen diese edelmüthigen Krieger dem Sieg entgegen bei dem Schalle des sanftesten und melodiereichsten Instrumentes. So strebten diese Helden, um ihre Feinde zu besiegen, ihrer eignen Tapferkeit Herrn zu werden, das Ungestümm ihrer Sinne zu zähmen. So feierten an den Thermopylen Leonidas und die Dreihunderte ihre Unsterblichkeit, ehe sie dieselbe eroberten, und der Welt ein unvergängliches Beispiel hinterließen von dem Heldenmuth und der Schönheit der Sitten, die durch eine Erziehung entstanden waren, welche unsern Geist, unser Herz und unsre Sinne zugleich vervollkommnet.

Durch die schwachen Andeutungen, die ich in diesen beiden Vorlesungen geben konnte, läßt sich schließen, wie sehr die überlegte Sorgfalt, jeden unsrer Sinne weniger unvollkommen zu machen, einen wichtigen Gegenstand des Studiums darbietet für Personen aus allen Ständen der Gesellschaft; wie sehr wir durch dies weise geleitete Bestreben die physische und moralische Verbesserung unsers Wesens beschleunigen können.

So oft wir die Werkzeuge vervollkommnen, die unsrer Schwachheit und der Unvollkommenheit unsrer Organe nachhelfen, bereiten wir neue Entdeckungen vor, und erweitern die möglichen Grenzen des menschlichen Wissens. Ebenso, wenn wir unsre Sinne vervollkommnen, welche die physischen Werkzeuge unsers vernünftigen Geistes sind, erweitern wir die äußern Grenzen, die dieser Geist erreichen kann. So oft wir unsern Sinnen einen neuen Grad von Gewißheit geben, verschaffen wir einen gleichen Grad derselben den Arbeiten unsrer Vernunft; wir begründen die Herrschaft der Vernunft selbst auf gewissere Grundlagen.

Dadurch kann sich jeder Mensch über sich selbst erheben, kann ein Volk mit starken Schritten auf der Bahn des

Kunstfleißes voranschreiten, alle Grenzen der Bildung erweitern, und sich in die erste Reihe stellen unter den Nationen, welche die Ehre und der Stolz des Menschengeschlechtes sind. Das ist die Stelle, wohin unsre Wünsche und Anstrengungen streben sollen unser Vaterland zu führen; und die Größe, die Erhabenheit des Zieles soll nicht unsre Schwachheit zurückschrecken; wir Alle können zu dieser großen Unternehmung beitragen, jeder in seinem mehr oder weniger beschränkten, mehr oder minder ausgedehnten Wirkungskreise. Vereinigen, verbinden wir unsre Anstrengungen, und, um unsern Muth zu verdoppeln, laßt uns ja nicht an einem günstigen Erfolge zweifeln!

Dritte Vorlesung.

Physische Kräfte des Menschen.

Der Mensch kann nur eine ziemlich kurze Zeit lang arbeiten, das heißt, seine Kräfte zu irgend einem nützlichen Zweck verwenden. Er muß seine Verluste ersetzen durch Essen und Trinken, so wie durch den Schlaf, und oft sogar durch Ruhe auch wenn er wacht.

Die allermeisten Menschen ersetzen ihre Kräfte durch den Schlaf nur Einmal in vier und zwanzig Stunden, und dies des Nachts; so zum Beispiel unsre Landbewohner, viele Handwerksleute und Bürger in unsern Städten. In den höhern Ständen ist der erste Theil der Nacht die Zeit, wo der Mensch wacht und seine Kräfte aufwendet, nicht zur Arbeit, sondern zum Vergnügen: so daß im Sommer viele Müssiggänger nur am Tage schlafen.

Es giebt in unsern Städten eine Menge arbeitsamer Personen, die ihr Gewerbe nöthigt, die ganze Nacht zu wachen oder zu arbeiten; viele Menschen, welche unsaubere Gewerbe treiben, die man schicklicherweise hier nicht nennen kann, sind gezwungen, um ihrer eignen Sicherheit oder um des öffentlichen Gesundheitsstandes willen, im Dunkel der Nacht zu arbeiten.

Man bemerkt im Allgemeinen, daß diese Arbeit und diese Nachtwachen der Gesundheit weniger zuträglich sind als die Arbeiten, die man am Tage bei dem belebenden Lichte der Sonne verrichtet.

In den heißen Ländern, wie im Süden von Italien, Spanien, Portugal, sind im Sommer die Arbeiter gezwungen, während der stärksten Tageshitze ihre Geschäfte zu unterbrechen. Der Schlaf wird dann eine Art von Bedürfniß, das man mehrere Stunden lang befriedigt; dies nennt man seinen Mittagsschlaf (siesta) thun. Nach diesem Schlaf, der gemeiniglich kürzer ist als der nächtliche, nehmen die Arbeiter ihre Beschäftigungen mit neuer Thätigkeit wieder vor.

In der Zeit, die der Mensch auf die Arbeit wendet, muß er bald augenblickliche Anstrengungen machen in mehr oder minder entfernten Zeiträumen; bald muß er ununterbrochen fortwirken.

Die einfachste Arbeit, die der Mensch verrichten kann, ist die des Gehens, wobei er kein andres Gewicht trägt, als das seines Körpers.

Wenn ein Mann in gemäßigtem Schritte geht, so legt er in einer Stunde einen Raum zurück, den wir ehmals als Einheit unsrer Reisemaße annahmen, nämlich die Meile. Allein durch eine fast unglaubliche Sonderbarkeit gab es vielleicht in Frankreich ein Dutzend verschiedener Meilen.

Die kürzeste von allen war die Postmeile, deren Länge 2.000 Klafter oder 12.000 Fuß betrug; dies ist beinahe 4.000 Meter oder 4 Kilometer. Also ist der Kilometer ungefähr der vierte Theil einer Postmeile.

Dann kam die Meile von 25 auf den Grad oder 4 ½ Kilometer; dann die Seemeile, wovon 20 auf einen (geographischen) Grad gehen; diese Meile beträgt 5 ½ Kilometer.

In gewissen Provinzen Frankreichs nennt man Meile den Raum, den ein guter Fußgänger in einer Stunde zurücklegen kann, wenn er geht, ohne mit einem Gewicht beladen zu seyn; diese Meile ist im Allgemeinen wenigstens um die Hälfte länger als die Postmeile.

Daraus folgt, daß ein Fußgänger in einer Stunde 6 Kilometer zurücklegen kann, wenn er einen langen Weg zu machen hat; dies macht hundert Meter in der Minute. Man schätzt auf 8 Decimeter die Länge des Straßenschrittes, Marschschrittes (pas de route); also macht der Fußgänger 125 Schritte in einer Minute, und 7.500 in einer Stunde.

So kann er jeden Tag acht Stunden lang und eine halbe gehn, und so lang fortfahren als man will, ohne seiner Gesundheit zu schaden, oder seine Kräfte zu vermindern.

Man schätzt also nach der Erfahrung auf 51 Kilometer die mittlere Entfernung, die ein Fußgänger jeden Tag zurücklegen kann, ohne seine Kräfte übermäßig anzustrengen.

Das mittlere Gewicht eines Mannes und seiner gewöhnlichen Kleidung ist 70 Kilogramme. Also bringt der Fußgänger jeden Tag 70 Kilogramme 51 Kilometer weit fort, oder, was einerlei ist, 3.570 Kilogramme einen Kilometer weit.

Nicht alle Menschen sind gleichgute Gänger; die Landbewohner und die der großen Städte sind die besten, weil sie gewöhnlich die weitesten Entfernungen zu durchlaufen haben.

Die Erziehung trägt unendlich dazu bei, den Menschen zum Gehn zu bilden, wie wir ein Beispiel sehn werden an den römischen Soldaten.

Das Marschiren der Mannschaft ist eines der wichtigsten Erfordernisse für glückliche Kriegsunternehmungen. Die Kriegskunst ist in den Füßen, pflegte der Marschall von Sachsen zu sagen, um den ganzen Einfluß des Marschirens auf die Unternehmungen der Armeen zu zeigen. Daher bestimmen auch die Kriegsverordnungen sehr sorgfältig die Länge und Geschwindigkeit der Schritte, und wenn es möglich ist, die Dauer der täglichen Märsche.

Man unterscheidet vier Arten von Soldatenschritten: den gewöhnlichen, den Geschwindschritt, den Marschschritt und den Angriffsschritt. Der gewöhnliche Schritt ist von allen der langsamste; der Soldat macht nur 76 derselben in der Minute; er ist 65 Centimeter lang. Der Geschwindschritt ist gleichfalls 65 Centimeter lang; der Soldat macht aber deren 100 in einer Minute. Der Marschschritt geht etwas schneller, und der Angriffsschritt ist nur wenig verschieden von dem des Fußgängers, der 125 in der Minute macht. Daraus folgt: 1) daß wenn es im gewöhnlichen Schritt geht, ein Truppenkorps nicht ganz 3 Kilometer (nur 2.964 Meter) in einer Stunde zurücklegt; 2) daß wenn es im Geschwindschritt geht, es fast 4 Kilometer in einer Stunde zurücklegt; 3) daß es, im Angriffsschritt, fast 6 Kilometer jede Stunde zurücklegt.

Der englische Soldat ist sehr verschieden von dem unsern in Ansehung der beiden ersten Arten des Schrittes: er macht im gewöhnlichen über einen halben, und im Geschwindschritt über einen ganzen Kilometer mehr, als der französische Soldat. Der Angriffsschritt der Engländer beträgt 5½ Kilometer in jeder Stunde.

Aber wenn der Soldat frei im Marschschritte gehn soll, so geht der französische wenigstens eben so geschwind als der englische, und hält die Eilmärsche viel besser aus. Dies kommt großentheils daher, weil die Bewohner von England fast nie zu Fuß reisen.

Die Römer, die aus dem Krieg ihre Hauptbeschäftigung machten, fühlten wohl daß, um die Herren der Welt zu werden, sie ihren Soldaten eine Kraft und eine Geschwindigkeit verschaffen müßten, die denen andrer Menschen überlegen wären. Daher gelangten sie auch zu Erfolgen, die uns heutzutage kaum glaublich scheinen.

In dem Werke, das Vegetius über den Militärdienst der Römer geschrieben hat, sieht man, daß der Soldat während

seiner Uebungen gewöhnlich 20 bis 24 Meilen in fünf Stunden Zeit durchlief, mit einem Gewicht von ungefähr 29 Kilogrammen oder 60 Pfunden. Dies betrug für 20 Meilen oder 30 Kilometer eine Thätigkeitsgröße gleich 870 Kilogrammen, einen Kilometer weit gebracht; und für 24 zurückgelegte Meilen eine Thätigkeitsgröße gleich 1.044 Kilogrammen, einen Kilometer weit fortgeschafft.

Also im ersten Fall, ungeachtet dieser ungeheuern Last, legte der römische Soldat 30 Kilometer in fünf Stunden, oder 6 Kilometer in Einer zurück. Dies ist ein Kilometer mehr, als der Geschwindschritt der Engländer.

Im zweiten Fall machte der römische Soldat, immer mit 29 Kilogrammen beladen, 36 Kilometer in fünf Stunden, das heißt $7\frac{1}{5}$ Kilometer in der Stunde. Er machte was wir nennen eine Poststation in einer Stunde.

Folglich gieng der römische Soldat auf seinen Märschen, ungeachtet seiner Ladung, ungefähr so geschwind als die Eilkutsche, die auf vielen Straßen in Frankreich Reisende im Trab führt. Bemerken wir überdies, daß es ganze Schaaren waren, und nicht nur einzelne Soldaten, die sich mit dieser ungeheuern Geschwindigkeit bewegten.

Man begreift leicht die Vortheile, welche die Römer aus dieser außerordentlichen Geschwindigkeit zogen, die ihre Soldaten erworben hatten. Ein aus solchen Leuten bestehendes Fußvolk war, man verzeihe mir den Ausdruck, eine wahre Reiterei, weil sie die mittlere Geschwindigkeit derselben hatte. Daher kann man auch aus Cäsars Geschichtbüchern sehn, mit welcher Schnelligkeit seine Truppen sich von einem Ende Galliens an das andere begaben, mehrern Feinden die Spitze boten und fast immer sie unversehens angriffen.

Es scheint nicht, daß irgend ein neuerer Feldherr gesucht habe, seiner Armee eine Geschwindigkeit zu geben, die in der Regel größer wäre als jene, welche die gewöhnlichen mi-

litärischen Verordnungen vorschreiben, und die dennoch mit der Erhaltung der Kräfte des Menschen sich verträgt. In vielen Umständen haben die französischen Truppen während der letzten Kriege Märsche gemacht, die erstaunlich sind wegen ihrer Weite und Schnelligkeit. Aber da man gar nicht für Nahrung und Nachtlager, und sogar während einer gewissen Zeit nicht für Schuhe und Kleidung der Soldaten sorgte, so starben sie in einem furchtbaren Verhältnisse dahin, und der Sieg kostete uns mehr Leute, als den Feinden ihre Niederlage.

Aus den wenigen Umständlichkeiten, in welche wir uns bisher eingelassen haben, muß man einsehen, daß noch viele Vervollkommnungen zu erreichen sind in der Uebung des Marsches der Truppen; wir können die Wunder der Römer erneuern, oder uns wenigstens ihnen nähern, so sehr es die Weichlichkeit unsrer Sitten und unsrer Erziehung der Mannszucht der Kriegsheere verstattet.

Vergleichen wir nun den Marsch des römischen Soldaten mit dem unsrer kräftigsten Arbeiter, der Lastträger und Hausirer zum Beispiel.

Der Zweck dieser Leute ist nicht, ihre Person weit fortzuschaffen, sondern das Gewicht, das man ihnen aufladet. Das Produkt dieses Gewichtes, multiplizirt mit der zurückgelegten Entfernung, stellt vor was man die nützliche Wirkung des Trägers nennt.

Coulomb, ein berühmter Ingenieur und Gelehrter, dem man über die Kraft der Menschen äußerst anziehende Untersuchungen verdankt, von welchen wir mit Umständlichkeit sprechen werden, hat keine Lastträger finden können, die täglich mehr als sechs Gänge machen wollten, wobei sie von einem Hause zum andern, 2 Kilometer weit entfernten, Hausgeräthe trugen, wovon jede Last 58 Kilogramme schwer war.

Diese sechs Gänge geben sechsmal 58 Kilogramme, 2

Kilometer weit fortgeschafft, oder 696 Kilogramme, einen Kilometer weit gebracht.

Nehmen wir nun an, ein römischer Soldat hätte auf seinem Marsch Hausgeräthe tragen müssen, wie ein Lastträger. Zwar hätte er nur die Hälfte der Ladung getragen, und wäre nicht alle 2 Kilometer zurückgekehrt, um neue Ladungen aufzunehmen; aber er hätte 1.044 Kilogramme einen Kilometer weit getragen, indeß der Lastträger nur 696 Kilogramme trägt; er hätte achtzehn Gänge von 2 Kilometern in fünf Stunden Zeit gemacht, statt sechs Gänge mit Ladung und sechs ohne solche, die der Lastträger im ganzen Tag macht.

Coulomb nach seinen Untersuchungen hat gefunden, daß ein Hausirer, der auf Straßen reiset, bis auf 44 Kilogramme 20 Kilometer weit tragen kann, was so viel ist als 880 Kilogramme einen Kilometer weit. Dies ist wieder weniger als der römische Soldat, der 36 Kilometer mit 29 Kilogrammen zurücklegt; aber es ist doch mehr als der Lastträger.

Addirt man zur nützlichen Wirkung der Träger das Produkt des Gewichtes ihres Körpers, multiplizirt mit dem zurückgelegten Raum, so findet man als gleichgeltende Summe die Größe von Materie, die in Einem Tag einen Kilometer weit, oder eine kleine Viertelstunde zu Fuß fortgeschafft wird:

1) Durch einen Franzosen, der ganz ohne Last geht = 3.570 Kil.
2) Durch einen röm. Soldaten, der 29 Kilog. trägt = 2.970
3) Durch einen Hausirer, mit 44 Kilogr. beladen = 2.280
4) Durch einen Lastträger, mit 58 Kilogr. beladen = 2.370

In den drei ersten Ergebnissen bemerken wir, daß die gesammte von einem Menschen hervorgebrachte Thätigkeitsgröße abnimmt, so wie die Ladung schwerer wird. Diese Gesammtgröße täglicher Thätigkeit bleibt also gar nicht beständig gleich, wie Daniel Bernoulli, ein berühmter Geo-

meter und scharfsinniger Physiker, es glaubte annehmen zu können.

Coulomb hat zuerst den Unterschied in das hellste Licht gesetzt, der sich in der Gesammtgröße der Thätigkeit zeigt, die das Ergebniß ist von der täglichen Anwendung der Kraft eines einzelnen Menschen, nach der Art und der Schnelligkeit, mit welcher diese Kraft verzehrt wird.

Schon jetzt muß man den Stoff zu einer Menge von Untersuchungen bemerken, die von äußerster Wichtigkeit sind für die Arbeiten der mechanischen Künste. Es ist höchst wichtig für den Vorsteher einer Werkstätte oder irgend einer Manufaktur, jede zu seinen Fabrikationen nöthige Wirkung mit dem geringsten möglichen Aufwand hervorzubringen. Also muß er die Mittel wohl kennen, durch welche er in allen Umständen eine solche Wirkung mit einem Minimum von Kraft hervorbringen kann.

Kommen wir zurück auf den Fall des Fortschaffens von Lasten auf Menschenrücken und auf einem wagerechten Wege.

Coulomb hat durch seine Beobachtungen folgenden Grundsatz als richtig erwiesen: Wenn man als Grundlage die Thätigkeitsgröße annimmt, die hervorgebracht wird durch das Gehen des Menschen, der keine Last trägt, so sind die Gewichte, mit welchen der Mensch beladen ist, proportionirt zu der Thätigkeitsgröße, die er verliert, wenn er bei seinem Gehen diese Gewichte trägt.

Nehmen wir an, der Träger gehe immer beladen, wie der Hausirer auf den Landstraßen. Coulomb findet, daß die Last, die der größten täglichen Thätigkeitsgröße entspricht, $50^{\text{Kilog.}},4$ wägen muß. Mit dieser Ladung legt er ein wenig mehr als 18 Kilometer zurück; und das Maximum der nützlichen Wirkung des Tagewerks dieses Menschen ist gleich 919 Kilogrammen, einen Kilometer weit fortgeschafft.

Es ist merkwürdig, daß diese Ergebnisse nicht sehr verschieden sind von denen, auf welche die ungefähren Abschätzungen der Praxis die Hausirer geführt haben. In der That, sie tragen nur etwa ein Siebentel weniger als die vortheilhafteste Ladung; und die nützliche Wirkung, die sie hervorbringen, ist nicht um ein Zweiundzwanzigstel verschieden von dem Maximum der Wirkung.

Vielleicht opfern die Hausirer mit Recht dies Zweiundzwanzigstel auf, damit ihre Tagarbeit immer ein wenig unter dem bleibe, was die tägliche Ersetzung ihrer Kräfte ihnen wieder erstatten kann. Durch dies Mittel kann der Mensch in den Tagen, wo er nicht so gut aufgelegt ist, das heißt, wenn er etwas schwächer ist als gewöhnlich, dennoch ohne Erschöpfung dieselbe nützliche Wirkung mit seiner gewöhnlichen Ladung erhalten.

Es ist eine von den Eigenschaften der größten und der kleinsten möglichen Wirkungen, daß man, wie wir so eben gesehn haben, ziemlich merklich die Größe der Bestandtheile verändern kann, woraus sie bestehn, ohne fast das Ergebniß zu verändern. Es ist sehr vortheilhaft für den Gewerbfleiß, die Verhältnisse zu kennen, die das Maximum der Wirkung hervorbringen. Von dem Stand der Dinge an, der dies Maximum vorstellt, hat man die größte mögliche Freiheit, die Verhältnisse der Bestandtheile zu ändern, und doch dadurch nur eine gegebene Veränderung in dem Ergebniß hervorzubringen.

Bestätigen wir durch eine zweite Anwendung diese Wahrheit, die wir vom Beispiele des Hausirers hernahmen. Nehmen wir an, er fühle mehr Bedürfniß oder Neigung, ein schwereres Gewicht zu tragen, indem er eine geringere Entfernung zurücklegt, und statt 44 Kilogramme nehme er auf einmal 53 Kilogr.,6 Ladung; was um ein Achtzehntel das Maximum der Ladung übersteigt. Dann findet man eine

nützliche Wirkung von 916¼ Kilogrammen, was folglich nicht um ein Dreihundertvierunddreißigstel weniger ist, als das Maximum der Wirkung.

Die Personen, die in den Betrachtungen der Differential- und Integralrechnungen bewandert sind, werden sich leicht Rechenschaft geben über diese Eigenschaft der größten, wie der kleinsten möglichen Wirkungen. Was die Personen betrifft, die keine hinlänglich tiefe mathematische Kenntnisse besitzen, um den Beweis einer solchen Eigenschaft zu begreifen, so müssen sie ihn annehmen als eine Thatsache, deren Wichtigkeit und Wahrheit wir Sorge tragen werden, ihnen an verschiedenen Beispielen zu zeigen.

Will man, statt anzunehmen daß der Lastträger nie ohne Last gehe, seinen Tag in Hin- und Zurückgänge theilen, auf welchen er abwechselnd beladen und nicht beladen wäre? Dann ändert sich die Aufgabe. Man findet nicht mehr dieselben Ergebnisse, wenn man nach dem Maximum der täglichen Thätigkeit fragt, das der Mann durch eine solche Anwendung seiner Kraft hervorbringen kann. Man findet, daß die Ladung des Trägers seyn muß 61 Kilogr.,25. Dies giebt als Maximum der nützlichen Wirkung 691 Kilogr.,4, auf einen Kilometer weit fortgebracht.

Wir haben gesehn, daß der Lastträger, geleitet durch die ungefähren Abschätzungen der Praxis, 58 Kilogramme als mittlere Ladung wählt; ein Gewicht, das nicht um ein Neuntel von der vortheilhaftesten Ladung verschieden ist. Nach der von Coulomb angenommenen Formel ist die Gesammtgröße der Thätigkeit fast nur um ein Vierhundertneunzigstel verschieden von dem Maximum der Wirkung. Dies ist wieder eine Bestätigung der Eigenschaft jedes Maximum- oder Minimum-Ergebnisses, viel weniger verschieden zu seyn als die Bestandtheile, aus welchen es zusammengesetzt ist; so lange nur diese Bestandtheile gewisse Grenzen nicht überschreiten.

Nachdem wir den Gang des beladenen oder nicht beladenen Menschen betrachtet haben, der aber immer auf einer wagerechten Straße geht, so müssen wir die Thätigkeitsgröße betrachten, die der Mensch hervorbringen kann, wenn er auf einer schiefen Straße geht, oder auf einer Treppe emporsteigt. Fangen wir mit diesem letztern Fall an.

Coulomb, von welchem wir immer einen großen Theil der Angaben entlehnen, die dieser Vorlesung zur Grundlage dienen, bestimmt auch die Größe der Thätigkeit einer Person, die man braucht um die Treppen eines Gebäudes hinaufzusteigen, ohne daß sie eine Last zu tragen hat. Er setzt auf 14 Meter die Höhe, zu der man sich in einer Minute erheben kann, wenn man Treppen hinaufsteigt, die nicht mehr als 30 Meter Gesammthöhe haben.

Wenn man immer annimmt, daß das mittlere Gewicht eines Menschen immer 70 Kilogrammen gleich ist, so stellen zehnmal 70 Kilogramme, auf einen Meter erhoben, folglich die Thätigkeitsgröße vor, die von diesem Menschen aufgewendet wird in einer Minute, um unsre Treppen zu ersteigen.

Und wenn man annimmt, daß er eine solche Arbeit vier Stunden lang auf vier und zwanzig aushalten kann, so wird die tägliche Gesammtgröße der Thätigkeit 235.000 Kilogramme zum Maße haben, auf einen Meter erhoben. Coulomb giebt diese Berechnung als ein bloßes hypothetisches Ergebniß; wir werden Rechnungen vorlegen, die wir gemacht haben, und die diese Lücke ausfüllen in den Ergebnissen, die man als positiv betrachten kann, über die Kraft des Menschen. (Siehe Seite 74.)

In Ermanglung unmittelbarer, vollständiger Versuche an Arbeitern, die Treppen hinaufsteigen, hat man die Zeit gesucht, die nöthig ist zum Hinaufsteigen auf schiefen Straßen.

Da Borda, ein Seeoffizier und Mitglied der Akademie

der Wissenschaften, die Höhe des Pico von Teneriffa messen wollte, so brauchte er zwei Tage diesen Berg zu ersteigen. Den ersten Tag hindurch war er zu Pferde mit allen seinen Offizieren, und führte acht Matrosen zu Fuß an, deren jeder mit 7 bis 8 Kilogrammen beladen war. Sie erhoben sich den ersten Tag auf 2.923 Meter, indem sie von neun Uhr Morgens bis halb sechs Uhr Abends stiegen, also neunthalb Stunden. Aber sie machten drei Viertelstunden Halt, um zu frühstücken: also stiegen sie den ersten Tag sieben und drei Viertelstunden lang. Man muß bemerken, daß Borda's Seeleute, wie die meisten Leute ihres Standes, im Gehen nicht sehr geübt waren. Dennoch, als sie am Ziele ihres Tagmarsches ankamen, waren sie nicht übermäßig müde; denn sie konnten noch 50 Meter weit hinabsteigen, um Holz zum Feuermachen zu holen, und dann wieder zum Ruheplatz zurückkommen.

Leider giebt man nicht die genaue Länge des von den Reisenden zurückgelegten Raumes an, was mit der Kenntniß der Größe, um welche sie lothrecht sich erhoben hätten, angezeigt hätte, welches die Neigung des Weges war, den sie gemacht hatten. Man sagt nur, daß der zurückgelegte Raum 20.000 Meter in wagerechter Länge überstieg; das heißt, daß die Grundfläche der Straße zur lothrechten Aufsteigung fast war :: 7 : 1, oder genauer wie 68 : 10. Dieser Hang, wie man natürlich sich denken kann, war nicht geeignet das Maximum der nützlichen Wirkung weder für die Menschen, noch für die Pferde anzugeben; aber er mußte natürlich eine Mittelgröße seyn zwischen den beiden Maximum.

Wie dem auch sey, wenn man immer das Gewicht des Menschen auf 70 Kilogramme schätzt, erhoben, wie wir gesehen haben, auf 2.923 Meter lothrechter Höhe, so ist dies Ergebniß gleich 204.610 Kilogrammen, einen Meter hoch erhoben, oder ungefähr 205 Kilogrammen, einen Kilometer hoch gehoben. Dies ist unter der Berechnung von Coulomb

für die Thätigkeitsgröße eines Menschen, der frei auf einer bequemen Treppe hinaufsteigt.

Es scheint mir auch, man hätte die 7 bis 8 Kilogramme Last berechnen sollen, die jeder Mann trug. Dann hätte man statt 205 Kilogramme 224 gefunden, einen Kilometer hoch gehoben; eine Größe, die den 235 Kilogrammen sehr nahe kommt, welche auf einer bequemen Treppe erhoben werden, statt des unregelmäßigen und holperigen Weges, auf welchen die Fußgänger in Borda's Gefolge den Pico von Teneriffa erkletterten.

Dennoch, um nicht in den Fehler zu verfallen, die tägliche Thätigkeit von Borda's Leuten zu hoch zu berechnen, begnügt man sich mit den 205 einen Kilometer hoch, oder mit den 205.000 einen Meter hoch erhobenen Kilogrammen.

Eine sehr schöne und anziehende Untersuchung, die noch nie gemacht wurde, ist die über die Höhen, auf die ein Mensch in Einem Tag sich erheben kann, der ohne Last, oder der mit einer Last auf einer mehr oder minder schiefen Straße geht; von der sanftesten Neigung an bis zur beträchtlichsten. (1)

Es ist klar daß der Abhang, welcher der größten Höhe entspricht, zu der ein Mensch so sich erheben kann in Einem Tage, der Abhang seyn sollte, den man den Wegen des Fußgängers zu geben hat in gebirgigen Ländern, wenn die schiefe Straße lang genug wäre, um einen Tag lang Marsch darzubieten.

Doch giebt es andre Betrachtungen, die diesen Abhang können abwechseln machen: der Mensch braucht auf seinem Marsch auch Ruhe. Ist es vortheilhafter, den Abhang beständig gleich zu erhalten, und den Fußgänger zu zwingen,

---

(1) Wir haben diese Gedanken mit verschiedenen Erläuterungen und Untersuchungen dargestellt in unsern Anwendungen der Geometrie, 1 Bd. in 8.

immer häufiger zu ruhen, so wie er dem Ziel seiner Reise sich nähert? Oder, um die Ermüdung des Fußgängers zu vermindern, ist es nicht besser, den Abhang unten an der Steige ein wenig zu steil, und oben ein wenig zu sanft zu machen?... Durch dies letztere Mittel verzehrt der Fußgänger eine stärkere Thätigkeitsgröße um die nämliche Wirkung hervorzubringen, und es scheint, daß immer häufigere Ruheplätze besser sind, als Verschiedenheiten in dem Abhang der Straßen.

Geht der Mensch auf einem wagerechten Weg, so könnte er, wenn er es vortheilhafter fände, am Anfang seiner Tagereise schneller gehn, um dann am Ende langsamer zu gehn und weniger Kraft zu verzehren zur Zeit, wo sie am meisten erschöpft ist.

Dennoch beweiset die Erfahrung, daß dies nicht das beste Gangsystem ist. Die Menschen, welche die weitesten Tagmärsche machen, mäßigen ihre Schritte am Anfang, und halten sie regelmäßig aus, indem sie ausruhen sobald sie dazu das Bedürfniß fühlen. Sie befolgen dieses System auf wagerechten, und sogar auf mehr oder minder geneigten Straßen; so lange nämlich der Abhang gewisse Grenzen nicht überschreitet.

Bemerken wir, daß man bei dem Wettrennen, sowohl zu Fuß als zu Pferd, vorzieht sich Anfangs zu schonen, um am Ende des Laufes mehr Geschwindigkeit zu behalten.

Fast immer, bei den von den Alten beschriebenen Spielen, ist daher ein kluger Wettläufer, der Anfangs seine Mittel schont, um sie später in ihrer ganzen Kraft zu entwickeln, der, welcher den Preis davon trägt.

Wir können also als Grundsatz feststellen, daß, vom Augenblick an, wo man, um sich auf einen gegebenen Punkt zu erheben, schiefe Wege machen muß, der kürzeste der vortheilhafteste ist, so lang er nur nicht die Grenze der Abhänge übersteigt.

Wenn wir nun einen Träger zum Treppensteigen mit einer Last gebrauchen, so werden wir sehn, daß hier, wie für die Fortschaffungen auf einem wagerechten Wege, die tägliche Thätigkeitsgröße immer weniger beträchtlich ist, und sich vermindert, so wie die Ladung stärker wird.

Ein Träger hat nie in Einem Tage mehr als sechs Fuhren Holz 12 Meter hoch tragen können. Er hätte diese Arbeit nicht mehrere Tage nacheinander fortsetzen können; und um dies von einem Mann zu erhalten, der etwas mehr als die mittlere Kraft hatte, gab man ihm für jede Fuhr einen Franken, was für seine ganze Tagarbeit 6 Franken Lohn ausmachte.

Man muß diese Arbeit als das Maximum der täglichen Thätigkeit des Mannes betrachten, der sie unternommen hat.

Eine Fuhr Holz wiegt 734 Kilogramme; folglich wiegen sechs Fuhren 4.404 Kilogramme, welche, multiplizirt mit 12, geben 52.848 Kilogramme, einen Meter hoch getragen; dies ist die in Einem Tag hervorgebrachte nützliche Wirkung.

Um den gesammten Kraftaufwand des Trägers oder die Thätigkeitsgröße zu finden, muß man das Gewicht des Reffs und das des Trägers selbst in Rechnung bringen. Dann findet man, daß er 109 Kilogramme einen Kilometer hoch trägt.

Dies ist etwas mehr als die Hälfte von den 205 Kilogrammen, die ein Mann, der nichts trägt, in seinem Tage erheben kann, nach der durch Borda's Matrosen erlangten Erfahrung. Aber die Berechnung der 205 Kilogramme ist zu niedrig, wie wir gesehn haben. Folglich kann man als Grundsatz feststellen, daß ein Mann, der ohne Ladung in die Höhe steigt, eine tägliche Wirkung hervorbringt, die das Doppelte ist von der Wirkung dessen, der mit einer Last von 60 bis 70 Kilogrammen steigt.

Zu dieser Berechnung hat man die Thätigkeitsgröße nicht

genommen, die der Träger braucht, um nach jedem Gang die Treppen hinabzusteigen. Es scheint uns jedoch, daß Coulomb sie zu gering anschlage, wenn er sie abschätzt wie einen wagerechten Weg, den ein nicht beladener Mann zurücklegt. Aber diese Berichtigung würde nicht merklich das Ergebniß verändern, das wir so eben andeuteten; nämlich: daß die tägliche Thätigkeitsgröße eines beladenen Trägers, der eine Treppe hinaufsteigt, die Hälfte ist von der eines Mannes, der ohne Ladung dieselbe Treppe hinaufgeht. Da die von jenem Mann hervorgebrachte nützliche Wirkung nur 52.848 Kilogramme ist, einen Meter hoch getragen, so gelangt man zu folgendem Ergebniß:

Ein Mann der, frei gehend, die ganze Höhe ersteigen würde, die er in Einem Tage erreichen kann, könnte als Gegengewicht dienen um 205.000 Kilogramme einen Meter hoch zu heben; das heißt, könnte auf dieselbe Höhe viermal 52.848 Kilogramme heben, welches die nützliche Wirkung des beladenen Arbeiters ist.

Eines der schlechtesten Mittel, den Menschen zu gebrauchen, ist also dies, ihn Lasten auf der Schulter, oder auf dem Kopf, oder auf Reffen in die Höhe tragen zu lassen. Diese Art von Arbeit, die man oft in Städten vorzieht, weil sie keine Vorrichtung von Maschinen erfordert, soll nie gebraucht werden in Werkstätten, wo man anhaltend fortdauernde Arbeiten sparsam und schnell verrichten will.

Hier bemerken wir klar einen großen Vortheil von der Wirkung der Maschinen. Weil der Mensch in seinem Tage sehr verschiedene Thätigkeitsgrößen liefern kann, je nachdem er mit oder ohne Ladung wirkt, so kann eine mechanische Vorrichtung, die eine gewisse Wirkung giebt, und die Anwendung der Kraft des Menschen nützlicher umwandelt, größere Ergebnisse hervorbringen, ungeachtet der unvermeidlichen Verluste, die aus jedem Gebrauche mechanischer Mit-

tel entspringen: denn die mechanischen Mittel geben, erschaffen keine Kraft; sie können nur die Kräfte, über die wir verfügen, ersparen, verständig und vortheilhaft vertheilen; dies zu wiederholen will ich nie müde werden, und die Wahrheit desselben unter hundert verschiedenen Gesichtspunkten darthun. Dadurch hoffe ich, geschickte Männer zu verhindern, sich in eiteln Plänen zu verlieren, und auf die Mechanik eine Hoffnung zu gründen, welche diese Wissenschaft, ungeachtet aller ihrer Hilfsmittel, durchaus nicht verwirklichen kann.

Wir haben so eben die nützliche Wirkung der Kräfte des Menschen kennen gelernt, wenn sie zum Gehn auf einem wagerechten Weg und auf einer schiefen Ebene angewendet werden, indem wir uns den Menschen ohne Ladung dachten, oder auch eine mehr oder minder beträchtliche Last tragen. Wenden wir nun die menschliche Kraft auf die Bewegung der Maschinen an.

Die größte nützliche Wirkung, die der Mensch hervorbringen kann um eine Last auf eine gegebene Höhe zu heben, ist die, wenn er selbst ohne Last hinaufsteigt, und sein eignes Gewicht als bewegende Kraft gebraucht. Man wendet dieses Mittel an in dem Tretrad und dem Stufenrade. Wenn man einen oder mehrere Menschen in ein Tretrad stellt, so werden sie, wie sie gehen, auf einer schiefen Ebene vorschreiten. Wenn sie sich auf der Ebene erhalten, deren Neigung die vortheilhafteste ist, so werden sie die größte mögliche Wirkung hervorbringen; und diese Wirkung kann in Einem Tage steigen bis auf 205 Kilogramme, einen Kilometer hoch gehoben. Man muß von dieser Arbeit, die der Mensch verrichtet, den Zins des Geldes abziehen, das den Werth des Tretrades vorstellt, welches man gebraucht.

Man kann die Kraft des Menschen auch anwenden bei Stufenrädern, wie man es in den Gefängnissen von England thut. Diese Räder haben auf ihrem äußern Umkreis

hervorstehende Brettchen, wie die Schaufeln der Mühlräder, auf welche die Arbeiter steigen wie auf Treppenstufen, indem sie sich mit den Händen an wagerechten Stangen halten. Sie steigen taktmäßig und sehr langsam. Es giebt auch Stufenräder, die durch die Kraft von Weibern bewegt werden.

Die Arbeit der Werkleute, welche auf solchen Stufenrädern steigen, ist sehr verschieden in den verschiedenen Gefängnissen, wie man dies aus der hier folgenden Tabelle sehen kann, welche ich nach offiziellen Angaben berechnet habe.

Angabe des Ortes der Gefängnisse.	Männer : Sommertage.			
	Jede Minute.		Jeden Tag.	
	Zahl der Schritte.	Höhe der Schritte.	Durchlaufene Höhe.	Kilogr. 1 Met. hoch gehoben.
	Zahl.	Millimeter.	Meter.	Kilogramme.
Northampton (York), Nro. 3.	35	199	2.229	143.643
Nottingham, Nro. 3 und 4..	36	237	2.730	174.360
Altes Gefängiß : Bedford....	40	212	3.053	195.379
Middlesex	44	199	3.327	212.946
Shepton-Mallet (Somerset)..	48	199	2.475	169.172
Devonshire	48	199	3.057	195.625
Cambridge	51	199	4.058	259.690
Warwick [1]	60	223	5.352	342.528
Ebendaselbst [2]	48	223	4.282	274.022
Ebendaselbst [3]	36	223	3.211	205.517
Boston	70	232	4.392	281.104
Hants	80	192	3.686	235.930
Newcastle am Tyne.....	87	202	3.163	202.451

Also in den Gefängnissen von England wechselt die tägliche Arbeit von 143.643 bis zu 342.528 Kilogrammen, auf einen Meter hoch gehoben. (1)

(1) Saussure hat als gewiß gefunden, daß auf den Alpen und dem Jura eine Stunde Wegs einer lothrechten Aufsteigung von 400 Metern entspricht. Er gebrauchte mit Zutrauen jene annähernde Nivellirmethode, die er hinlänglich genau gefunden hatte. Die Führer der Reisenden auf den Alpen halten leicht einen Marsch von mehr als zehn Stunden

Man gebraucht die Kraft des Menschen zum Fortziehen von Lasten vermittelst Rädermaschinen, wie Schiebkarren und Wägen. Mit einem Schiebkarren kann ein Mann in seinem Tage 14,5 Kubikmeter Erde 30 Meter weit führen. Mit dem gewöhnlichen Schiebkarren trägt der Mensch einen Theil vom Gewichte des Schiebkarrens und der Ladung, die gleich ist 18 oder 20 Kilogrammen. Wenn der Schiebkarren leer ist, so trägt er nur 5 oder 6 Kilogramme. Auf einem ebenen und trockenen Boden wechselt die zum Fortstoßen des Schiebkarrens nöthige Kraft ab von 2 zu 3 Kilogrammen. Diese Abwechslung hängt ab von den kleinen Stößen, die das Rad auf dem Boden erleidet, und sie vermehrt oder vermindert sich übrigens wie die Geschicklichkeit des Arbeiters, je nachdem er nämlich mehr oder weniger seinen Schiebkarren leiten lernt. Die mittlere Ladung des Schiebkarrens wird auf 70 Kilogramme geschätzt; das mittlere Gewicht des Schiebkarrens ist 30 Kilogramme. Wenn man 14½ Kilometer mit 70 Kilogrammen multiplizirt, so findet man als nützliche Wirkung, die der Arbeiter hervorbringt, der den Schiebkarren fortstößt, 1.015 Kilogramme, einen Kilometer weit fortgeschafft.

Wir haben gesehn, daß ein Mann hin- und hergehend, in Einem Tage auf seinem Rücken 692 Kilogr.,4 einen Kilometer weit tragen kann. Das Verhältniß dieser beiden Zahlen ist das von 147:100. Coulomb findet durch eine genauere Berechnung das Verhältniß 148:100. Er schließt daraus, daß man beinahe die von hundert Menschen mit Schiebkarren verrichtete Arbeit betrachten kann als gleich-

---

des Tages aus, wobei sie immer steigen mit Gewichten beladen, die nie geringer als 12 Kilogramme sind. Also wenn man dies Gewicht zu dem ihres Körpers addirt, so wäre das Gesammtgewicht, das sie in Einem Tage einen Meter hoch tragen können, 82 Kilogr. × 10.400 = 328.000 Kilogramme, oder 328 Kilogramme, einen Kilometer hoch getragen: dies kommt den größten Ergebnissen sehr nahe, die man in den Gefängnissen von England erreicht.

geltend der von hundert fünfzig Menschen mit Tragkörben verrichteten Arbeit. Dies ist der Vortheil jener sehr einfachen Art von Maschinen.

Hr. Guenyveau hat die nützliche Wirkung berechnet, die ein Mann hervorbringt, der einen Karren zieht. Er fand als Ergebniß 2.300 Kilogramme, einen Kilometer weit fortgeschafft. Nach dieser Rechnung bringen hundert Männer, die zum Fortschaffen von Lasten auf Karren gebraucht werden, eine nützliche Wirkung hervor, die gleichgeltend ist der von 332 Männern, die man brauchen würde um Lasten auf ihrem Rücken in Tragkörben oder Reffen fortzuschaffen, und der von 225 Männern, die man brauchen würde um Lasten auf gewöhnlichen Schiebkarren fortzubringen.

In Ansehung der Schiebkarren muß man bemerken, daß man ihre nützliche Wirkung sehr vermehren könnte, wenn man ihnen mehr Länge gäbe und den Schwerpunkt der Ladung senkrecht über die Achse brächte, so daß der Mann nichts zu tragen hätte, wenn er den Schiebkarren fortrollt. Immer aber bliebe einige Unbequemlichkeit, wenn man über abwechselnde Abhänge fährt. Wenn man auch den Schwerpunkt der Ladung in die Achse der Radachse brächte, so müßte man auf jedem Wege, der nicht wagerecht ist, eine gewisse Kraft verzehren, um der Wirkung von der Schwere der Ladung das Gleichgewicht zu halten.

Eine der unvortheilhaftesten Arten die Kraft der Menschen anzuwenden, ist die, wenn man sie an Seilen ziehen läßt, um Pfähle mit Rammblöcken einzuschlagen.

Nach Coulombs Berechnung ist die tägliche Arbeit des so gebrauchten Mannes nicht einmal gleich 75 Kilogr.,2, einen Kilometer hoch gehoben. Folglich müßten hundert Menschen, die man, wie im Tretrade, den ganzen Tag zum Steigen gebrauchen würde nach dem vortheilhaftesten Abhang, eine nützliche Wirkung hervorbringen, die gleich wäre der von

zwei hundert ein und siebenzig Menschen, welche Pfähle einschlagen würden durch Anziehen der an der Ramme befestigten Seile.

Wenn man Menschen zum Umdrehen von Kurbeln braucht, so findet man eine Gesammtsumme von 116 Kilogrammen, einen Kilometer hoch erhoben, wenn wir den von Coulomb angegebenen mittlern Werth annehmen, das heißt uns denken, daß Männer einen gewöhnlichen Druck von 7 Kilogrammen auf den Handgriff einer Kurbel bewirken, der einen Kreis von 23 Decimetern beschreibt, wobei die Arbeiter jede Minute zwanzigmal die Kurbel drehen, und im Ganzen sechs Stunden des Tages arbeiten. Folglich können drei zum Umdrehen von Kurbeln gebrauchte Männer ein Gewicht erheben, das gleich ist dem, welches die nützliche Wirkung von fünf Männern vorstellt, die man braucht um Pfähle einzuschlagen durch Anziehen der Seile. Daher werden in allen mit Verstand geleiteten Arbeiten die Seile, an die man sonst Männer zum Anziehen gestellt hatte, heutzutage ersetzt durch Kurbeln und ineinandergreifende Räder, um die Ramme bis zu einer gewissen Höhe zu heben, von der sie dann durch einen besondern Mechanismus zurückfällt.

Coulomb hat auf eine sinnreiche Weise die nützliche Wirkung berechnet, die ein Arbeiter vorstellt, den man zum Umgraben der Erde mit dem Spaten braucht. Der Mann konnte 181 Quadratmeter umgraben; er senkte den Spaten bei jedem Stoß 25 Centimeter tief ein; dann hob er 6 Kilogramme Erde auf und wendete sie um. Rechnet man das Gewicht des Spatens hinzu, so ist die Gesammtarbeit des Umgrabenden gleich 43 Kilogrammen, einen Kilometer hoch gehoben. Berechnet man blos das Gewicht der Erde, so ist die Gesammtwirkung nur $34\frac{1}{3}$ Kilogramme, einen Kilometer hoch gehoben; was, wie man sieht, nicht einmal das Drittel ist von der nützlichen Wirkung, die ein Mann hervorbringt, der eine

Kurbel umdreht. Daher ist auch der Gebrauch von Arbeitern zum Umgraben der Erde mit dem Spaten einer der kostspieligsten ; er kann nur zu sehr sorgfältigen Landbauarbeiten taugen, wie die des Gartenbaues ist, wo der ungeheuere Aufwand von menschlicher Kraft ersetzt wird durch die Ueberlegung, mit welcher die Arbeit angewendet und verschieden eingerichtet wird. Man muß auch noch die Stöße berechnen und zu seiner nützlichen Wirkung addiren, die der Umgräber jedesmal mit seinem Werkzeuge thun muß, um die Schollen zu zermalmen und die Erde auszubreiten ; allein Coulomb rechnet diese Wirkung nicht viel höher als auf das Zwanzigstel der täglichen Arbeit, indem er die Berechnung der nöthigen Kraft hinzusetzt zum Einstoßen des Spatens und zum Einsenken desselben in die Erde. Er schließt daraus, daß der Gesammtaufwand der Kräfte des Umgräbers ist : 100 Kilogramme, einen Kilometer hoch gehoben.

Die Arbeit mit der Schaufel scheint mir viele Vorzüge vor der mit dem Spaten zu haben. Der in die Erde gegebene Stoß muß in beiden Fällen nur die nämliche Größe von Kraft erfordern, das heißt ein Zwanzigstel der Tagarbeit. Also ist die Wirkung des Mannes zum Ablösen der Erde die eines Hebels, es mag mit dem Spaten, oder mit der Schaufel geschehn. Die letzte Bewegung der Schaufel, die, welche die so abgelöste Erde vorwärts schiebt, um sie zu der zu legen, die man schon losgeschaufelt hat, geschieht wagerecht. Sie erfordert also nicht den Aufwand einer Kraft, die zu $34\,^{3}/_{10}$ Kilogrammen geschätzt wird, um die Erde mit dem Spaten auf eine Höhe zu heben, die Coulomb auf 4 Decimeter schätzt. Daher sehn wir auch, daß die Aufschüttungen von Erdwällen gewöhnlich mit der Schaufel gemacht werden, und nicht mit dem Spaten.

Eine der wichtigsten Betrachtungen bei dem Gebrauche der Kraft der Menschen ist der Grad der Geschwindigkeit, mit

welcher der Mensch die verschiedenen Arten der Bewegung vollbringen soll. Es giebt eine Geschwindigkeit, über welche hinaus der Mensch unfähig ist, irgend eine nützliche Wirkung hervorzubringen, weil seine ganze Muskelkraft aufgewendet wird, um seinen Gliedern eine solche Bewegung mitzutheilen. So wie man die Bewegung langsamer macht, wird der Mensch einer immer größern nützlichen Wirkung fähig. Man gelangt so bis zum Maximum dieser Wirkung. Wenn dann der Mensch die Weite seiner Bewegungen vermindert, so kann er ohne Zweifel größere Drückungen und größere Stöße hervorbringen; aber die Vermehrung ersetzt nicht die Verminderung der Geschwindigkeit. Deßwegen wird die Gesammtgröße der Bewegung geringer, statt größer zu werden.

Nach Versuchen, die Hr. Schulze gemacht hat, scheint es daß, um die Kraft des Menschen an den Hebel einer Mange oder an den Triebstock eines Ankerhaspels anzulegen, die vortheilhafteste nützliche Wirkung hervorgebracht wird durch einen Druck von $18^{\text{Kilogr.}},706$ mit einer Geschwindigkeit von $0^{\text{Met.}},737$ in jeder Sekunde.

Hr. Robertson Buchanan hat die Thätigkeit von vier Menschen verglichen: der erste derselben drehte eine Kurbel, der zweite ruderte, der dritte bewegte den Hebel einer gewöhnlichen Pumpe, und der vierte schlug einen Pfahl ein; alle arbeiteten vier Sekunden lang.

Der Erste hob $12^{\text{Kilogr.}},648$ zu einer Höhe von $5^{\text{Met.}}185$. Gesammtsumme der nützlichen Wirkung $65^{\text{Kilogr.}},580$, einen Meter hoch gehoben.

Der Zweite machte $44^{\text{Kilogr.}}$ zurücklegen $2^{\text{Met.}},348$. Gesammtwirkung $104^{\text{Kilogr.}},237$, einen Meter hoch gehoben.

Der Dritte erhob $30^{\text{Kilogr.}},351$ zu einer Höhe von $1^{\text{Met.}},342$. Gesammtwirkung $40^{\text{Kilogr.}},731$, einen Meter hoch gehoben.

Der Vierte endlich erhob 32 Kilogr.,618 zu einer Höhe von 2 Met.,745. Gesammtwirkung 89 Kilogr.,536, einen Meter hoch gehoben. Dies letztere Ergebniß scheint Coulombs Rechnungen zu widersprechen, die sich auf die Anwendung der Kraft der Menschen zum Anziehen von Seilen an den Rammen beziehen. Aber man muß bemerken, daß die Ergebnisse Hrn. Robertson Buchanan's die einer Arbeit von nur vier Sekunden sind; nun kann die augenblickliche Wirkung der Pfahleinschlager beträchtlich seyn, ohne daß die Gesammtwirkung ihrer täglichen Arbeit der nämlichen Proportion folgt.

Nur bei den Geschäften der Taglöhner ist es wesentlicher Zweck, das Maximum thierischer Kraft zu erhalten, die der Mensch in Einem Tage aufwenden kann. In den Gewerben der Handwerker, und um so viel mehr in denen der Künstler, besteht die beste Anwendung der Mittel des Menschen vielmehr in dem verständigen Gebrauche, den man ohne Zeitverlust von einem mehr oder minder großen Theile der physischen Kraft macht. Die Vervollkommnung des Gewerbfleißes vermehrt die Zahl der Gewerbe, in welchen man einen größern Gebrauch von den Geistesfähigkeiten machen, und weniger physische Kraft verzehren muß. Zur Arbeit mit den Muskeln, die der Arbeit des Ochsen, Esels und Pferdes ähnlich ist, setzt der Mensch die des Gesichtes, des Gehörs, des Gefühls, des Geruches und des Geschmacks, indem er die Wahrnehmungskraft dieser Sinne durch alle Kräfte seines Verstandes leitet. Verfährt er mit beobachtendem Geiste, so verschafft er sich die Kenntniß einer Menge von Ergebnissen, die für ihn sichre Führer werden; dies heißt man Erfahrung erwerben, was in den Künsten etwas so Kostbares ist.

Bemerken wir wohl, daß die Erfahrung, die durch den Geist der Beobachtung und der Vergleichung erlangt, durch das Gedächtniß erhalten und durch die Urtheilskraft benutzt

worden ist, ein Ergebniß ist von unsern Geisteskräften und von einer wohlberechneten Uebung unsrer Sinne. Man kann sich eine schnelle und dennoch zuverläßige Erfahrung sammeln durch einen guten Gebrauch dieser Mittel, Kenntnisse zu erwerben. Dies ist einer der wichtigsten Zwecke für das Fortschreiten des Kunstfleißes.

In allen Arbeiten, wo der Mensch nur einen Theil seiner verfügbaren Muskelkraft aufzuwenden nöthig hat, muß er, ohne sich zu erschöpfen, seinen Bewegungen eine Geschwindigkeit geben, welche größer ist als die, welche der größten nützlichen Wirkung entspricht, und durch dies Mittel soll er minder weit unter dieser größten Wirkung zurückbleiben. Diese Regel leidet keine Ausnahme als für die Arbeiten, die eine außerordentliche Genauigkeit erfordern, und folglich vielfältige Vorsichtsmaßregeln, verbunden mit großer Behutsamkeit. Dann ist keine andere Ersparniß zu bewirken möglich, als die Vermeidung jedes verlornen Augenblickes. Wir werden diese verschiedenen Betrachtungen weiter ausführen in der folgenden Vorlesung, die eigens von den Mitteln handelt, die Kraft des Menschen anzuwenden und zu vermehren.

Welches auch die Anwendung seyn mag, die man von der Kraft des Menschen auf die Arbeiten der Künste machen will, so muß man mit der größten Sorgfalt vermeiden, die Arbeiter in gezwungene Lagen zu versetzen, die sie lang behalten müßten. Diese Stellungen verursachen zuletzt Mißgestaltungen, chronische Krankheiten und Gebrechen.

Fast immer wird man mit einigem guten Willen und Talent es möglich finden, die von den Arbeitern geforderten Stellungen so abzuändern, daß sie sich in einer zum Arbeiten bequemen Lage befinden. Man kann sicher seyn, daß diese Bequemlichkeit selbst ihnen gestatten wird, eine

größere nützliche Wirkung hervorzubringen. So wird, indem er sich nur mit der Sorge für die Wohlfahrt der Arbeiter zu beschäftigen scheint, der Vorsteher einer Werkstätte oder Manufaktur für sich selbst arbeiten, und doch dabei der Menschheit nützlich seyn.

Vierte Vorlesung.

Von der Vermehrung und der besten Anwendung der Kräfte des Menschen.

Wir wollen die zu gebrauchenden Mittel untersuchen zur Vermehrung der Kraft, die der Mensch zu den Arbeiten des Gewerbfleißes anwenden kann, und wie er der Wirkung dieser Kraft die vortheilhafteste Beständigkeit, Geschwindigkeit und Geschicklichkeit geben könne. Dann wollen wir zeigen, wie diese Ergebnisse können erhalten werden durch eine glückliche Verbindung der Vernunftkraft mit der physischen, und welche gute Erfolge man davon für beide Geschlechter zu erwarten berechtigt ist, zur Vermehrung des Wohlseyns des Menschengeschlechtes, und damit die arbeitende Volksklasse zugleich glücklicher und sittlicher gemacht werde.

Vom Alter von fünf oder sechs Jahren an werden schon Kinder zu den Arbeiten des Gewerbfleißes gebraucht. Man vertraut ihnen Beschäftigungen an, die nur einen sehr beschränkten Aufwand von physischer Kraft erfordern, nebst einem mäßigen und nicht sehr schwierigen Gebrauch der Geistesfähigkeiten. So werden bei den Arbeiten des Ackerbaues junge Kinder gebraucht zum Hüten der sanftesten Hausthiere, die am leichtesten zu leiten sind. In den Werkstätten braucht man sie zu nicht sehr ermüdenden Geschäften, die sich sehr gut verrichten lassen, ohne daß man zuvor sich viele Fertigkeit erworben hat.

Ohne Zweifel ist es ein großer Vortheil, Kinder von ihrem zartesten Alter an zur Arbeit geschickt zu machen; aber hüten wir uns vor der grausamen Uebertreibung, in welche viele Vor-

steher von Werkstätten und Manufakturen in Großbrittannien verfallen sind. Diese Werkmeister nöthigten die jungen Lehrlinge eine so beträchtliche Anzahl von Stunden hindurch zu arbeiten, daß der Gesetzgeber einschreiten mußte, um das von den Kindern geforderte Tagewerk in minder übermäßige Schranken zu bringen, die aber doch noch uns beunruhigen könnten, wenn wir die außerordentliche Ermüdung bedenken, die das früheste Alter durch ein solches Tagewerk erleidet.

In einigen Manufakturen, die durch Vorsteher geleitet sind, welche Menschenliebe mit einer großartigen Denkungsart vereinigen, wird ein Theil der Zeit, die man berechtigt ist von den jungen Lehrlingen zu fordern, dazu verwendet, ihnen durch Unterricht diejenigen Kenntnisse beizubringen, die künftig unentbehrlich sind für jeden Menschen, der sich in den Arbeiten des Gewerbfleißes auszeichnen will. Diese Fabrikherren lassen ihre jungen Lehrlinge im Lesen, Schreiben und Rechnen unterrichten. Sie werden bald noch die Anwendungen der Geometrie und Mechanik beifügen, wie wir sie in unserm Kurs lehren (1). Wenn sie diesen letztern Unterrichtszweig nicht beifügen, so werden die jungen Leute, sobald sie schreiben und rechnen gelernt haben und Männer geworden sind, die unentgeldlichen Kurse über diese Wissenschaften hören können, die bald in allen gewerbfleißigen Städten Frankreichs eröffnet seyn werden.

Wenn das Lernen nicht so betrieben wird, daß es die Gesundheit der jungen Lehrlinge durch übermäßige Arbeiten zerstört, so veranlaßt es eine schnelle und beträchtlichere Entwicklung der Muskelkräfte des jungen Arbeiters, beson-

(1) In Frankreich ist der berühmte Herzog von Larochefoucault der Erste, der in seinen Werkstätten dies Beispiel für die Lehrlinge gab, für deren Jugend er mit väterlicher Liebe Sorge trägt. Die großen Manufakturherren in Frankreich werden sich beeifern, diesem bewundernswerthen Beispiele zu folgen.

ders wenn man in Hinsicht auf seine Nahrung und sein Betragen die Regelmäßigkeit beobachtet, ohne welche keine Gesundheit möglich ist.

Die Vorsteher von Industrieanstalten haben bis jetzt viel zu wenig den Einfluß der Nahrung auf die Arbeiter berücksichtigt, in Hinsicht auf die Größe der Wirkung, die diese Arbeiter hervorbringen können, und auf die Ergebnisse, welche die Vermehrung der Arbeit herbeiführen kann für das Wohlseyn der Arbeiter und für das Vermögen ihres Herrn.

Vergleicht man die Art, wie die französischen und englischen Arbeiter sich nähren, so muß der außerordentliche Unterschied auffallen, den diese beiden Lebensarten darstellen. In vielen Gewerben essen die französischen Arbeiter die Woche hindurch so zu sagen keine thierischen Nahrungsmittel; wenn sie je am Sonntage dergleichen essen, so ist es bei ihnen ein Luxusartikel. Der englische Arbeiter hingegen bedient sich gewöhnlich recht kräftiger Fleischspeisen.

Ich habe das Gesammtgewicht des Fleisches berechnet, das zur Nahrung des Menschen sowohl in Frankreich als in England verwendet wird, und folgendes ist das Ergebniß dieser Rechnung: Wenn ein Franzose 61 Kilogramme Fleisch ißt, so ißt der Engländer 178 Kilogramme, das heißt ungefähr dreimal so viel. Dieser Unterschied in der Lebensart bringt einen sehr merklichen hervor in den physischen Kräften. Die Fleischspeisen geben dem Mann eine viel größere physische Kraft, die er täglich verwenden kann, als die Pflanzenspeisen. Dies bringt zum Theil die größere Menge von Arbeit hervor, die von den Engländern verfertigt wird in Vergleichung mit den französischen Arbeitern.

Es wäre sehr wichtig, den französischen Arbeiter aufzumuntern, sich auf eine kräftigere Art zu nähren. Jetzt genießt in vielen Gewerben der Arbeiter nur eine unzulängliche Nahrung, um den täglichen Verlust seiner Kräfte zu ersetzen.

Er erreicht das Ende der Woche in einem Zustande der Erschöpfung. Jeden Sonntag sucht er seine verlorne Kraft wieder zu gewinnen durch Speisen und Getränke, die ihrer Natur und Menge nach ganz verschieden sind von der Nahrung, die er an den Werktagen zu sich nahm. Es geschieht ihm was man bei Menschen geschehen sieht, die lange Hunger litten und nun auf einmal ihre Eßlust befriedigen. Sie leiden eine schmerzliche Unbehaglichkeit, da sie doch hofften, ein ganz neues Vergnügen zu genießen; und der Montag findet sie unfähiger zur Arbeit, als der Sonntag.

Dies ist die erste Ursache, der man, wie mir scheint, die verderbliche Gewohnheit zuschreiben muß, welche die meisten Arbeiter in großen Städten haben, Montags nicht zu arbeiten.

Das beste Mittel diesem Uebelstand abzuhelfen, wäre, daß man nach und nach durch weisen Rath und gute Beispiele, die man ihnen vor Augen stellt, die Arbeiter zu bewegen suchte, gewöhnlich bessere Nahrung zu genießen. Man darf gewiß seyn, daß sie bald die Gewohnheit aufgeben würden, am Montag nicht zu arbeiten. Wenn sie, zu besserer Nahrung für die sechs Werktage nur den Arbeitslohn dieses Tages verwendeten, was ihre Ausgabe in nichts vermehren würde, so müßten sie schon dadurch im Stande seyn, die fünf andern Tage hindurch eine viel größere Menge Arbeit zu liefern, und folglich von ihren Herren einen verhältnißmäßigen Lohn zu fordern. Sie würden den häufigen Krankheiten und der frühen Altersschwäche vorbeugen, welche die unzertrennlichen Gefährten eines unregelmäßigen Lebens sind. Sie würden um Vieles die Zahl der Jahre verlängern, während welcher sie eine beträchtliche Größe von Muskelkraft nützlich verwenden können. Sie würden folglich die Zahl der Jahre vermindern, die für sie Jahre des Elends werden, wenn sie nicht die Klugheit haben, in ihrer Jugend und in ihrem

reifen Alter etwas zu ersparen, zur Befriedigung der immer wachsenden Bedürfnisse des Alters.

In dieser Hinsicht ist es sehr wichtig, daß die Vorsteher von Industrieanstalten durch alle Mittel, die in ihrer Gewalt stehen, den Spar= und Hilfskassen aufhelfen, in welche die Arbeiter jeden Tag einen kleinen Theil ihrer Löhnung legen, um ihren Bedürfnissen zu Hilfe zu kommen im Fall sie krank werden, oder wenn die Arbeit eingestellt werden müßte, oder das hohe Alter sie zur Arbeit untüchtig macht.

Wir haben so eben die Mittel angezeigt, die Menge von Arbeit der Werkleute zu vermehren; diese Menge scheint mir in einer Stadt wie Paris wenigstens um ein Fünftel leicht vermehrt werden zu können. Untersuchen wir, welche Wirkung für die Vorsteher von Werkstätten eine solche Vermehrung haben müßte.

Nehmen wir an, eine Industrieanstalt stelle ein Kapital von 100.000 Franken vor, dessen jährliche Unterhaltung Ersetzungen und Ausbesserungen erfordert, die man gewöhnlich auf das Zehntel des Kapitals schätzt, also auf 10.000 Franken. Nehmen wir an, diese Anstalt gebrauche, zu 2 Franken des Tags, hundert Arbeiter, die wöchentlich fünf Tage arbeiten, das heißt zwei hundert sechzig Tage im Jahr: die Summe ihrer Löhnung wird 52.000 Franken seyn. Nehmen wir endlich an, die als Aufseher und Vorsteher Angestellten erhielten einen jährlichen Lohn, der durch 10.000 Franken vorgestellt wird; so wird die jährliche Ausgabe seyn:

Stehendes, materielles Kapital ...	100.000 Franken.
Unterhaltung dieses Kapitals.....	10.000
Jährliche Besoldungen	10.000
Löhnung für die Arbeiter.....	52.000
Summe....	172.000

Wenn die Anstalt als Preis für ihre Fabrikate eine Summe von 72.000 Franken erlöst, so wird sie weder Gewinn noch Verlust haben. Will man, was gewöhnlich ist in den An=

stalten, welche gedeihen, einen Gewinn von zehn Prozent, so muß folglich das Produkt der Arbeiten einerseits auf 72.000, und andererseits auf 17.200 Franken steigen. Dies giebt eine Gesammtsumme von 89.200 Franken.

Nehmen wir nun an, die Arbeiter arbeiteten sechs Tage wöchentlich, statt fünf, und folglich dreihundert zwölf Tage im Jahr statt zweihundert sechzig. Setzen wir überdies den Fall, sie machten jeden Tag ein Fünftel mehr Arbeit und empfiengen eine verhältnißmäßige Bezahlung; was ihren Taglohn von 2 Franken auf 2 Franken 40 Centimen erhöhen würde. Die Gesammtsumme, welche die Arbeiter im Jahr verdienen, wird seyn 74.880 Franken. Setzen wir ferner den Fall, die Unterhaltungskosten des materiellen Kapitals stiegen wie die Hälfte der Vermehrung der Arbeit, das heißt, betrügen 12.220, statt 10.000 Franken; so folgt daraus, daß die Gesammtausgaben seyn werden:

Stehendes, materielles Kapital ...	100.000 Franken.
Unterhaltung dieses Kapitals.....	12.220
Jährliche Besoldungen.....	10.000
Bezahlung für die Arbeiter.....	74.880
Summe....	197.100

In dieser Summe ist das stehende Kapital 100.000 Franken, und die Ausgaben sind vorgestellt durch 97.100 Franken. Da die Arbeit im Verhältniß von 5 zu 6, mehr $\frac{1}{6}$ vermehrt ist, das heißt von 100 auf 144, so wird der Gesammtwerth der Arbeiten, der, wie wir gesagt haben, nach der ersten Annahme betrug

89.200 Franken.

nun steigen auf.....	128.448
Aber die Ausgaben betragen ...	97.100
Folglich bleiben....	31.348

Das sind also 31.348 Franken Gewinn, welcher bestimmt ist, die Zinse eines Kapitals zu bezahlen, das 97.100 Fran-

ken beträgt; dies giebt einen Ertrag von sechzehn Prozent, statt zehn nach der ersten Annahme.

Folgendes also sind die Ergebnisse, die man durch das neue System erhält:

1) Dieselbe Anzahl von Arbeitern, statt 52.000 Franken, erhält 74.880; folglich ist ihr Wohlstand beinahe um die Hälfte vermehrt; 2) der Gewerbfleiß verarbeitet eine Masse von Erzeugnissen, die um die Hälfte größer ist, als das was die ersten Arbeiter verfertigten; 3) endlich, der Eigenthümer der Manufaktur, statt nur 10 Prozent für seine Kapitalien zu erhalten, erhält 16 Prozent Gewinn.

Wollte man, daß der Verbraucher aus diesem Stand der Dinge Nutzen zöge, so könnte der Eigenthümer der Manufaktur sich mit einem Gewinn von 12 Prozent begnügen, und den Preis der Fabrikate um 4 Prozent erniedrigen.

Nun muß man einsehen, welchen unermeßlichen Vortheil die Manufakturherren dabei haben, wenn sie alle möglichen Mittel anwenden, um von ihren Arbeitern eine größere Menge Arbeit in einer gegebenen Zeit zu erhalten. Eine Menge von Unternehmungen des Gewerbfleißes, die jetzt unmöglich oder verderblich sind, werden mit Vortheil möglich werden, sobald die tägliche Arbeit des Fabrikarbeiters sich vermehrt, ohne daß der Preis des Taglohns für den Arbeiter um etwas vermindert wird: die Unternehmungen, die schon einträglich sind, werden es noch mehr werden durch die nämliche Veränderung. Der Vortheil für den Arbeiter ist nicht geringer. Also ist es sehr wichtig, daß man die Klasse der Fabrikherren, wie die arbeitende Volksklasse, mit dem gemeinsamen Vortheil bekannt mache, der so große Veränderungen in ihrem Wohlseyn und Vermögen hervorbringen kann.

Der bloße Taglöhner hat beschränkte Mittel, den Ertrag seiner Arbeit zu vermehren; Mittel, die sich auf eine besser

geordnete Nahrung, auf Enthaltung von jeder Art von Ausschweifungen beschränken, so wie endlich auf die beständige Achtsamkeit, keinen Augenblick in den Arbeitstagen zu verlieren.

Außer diesen ersten Mitteln, den Ertrag seiner Arbeit zu vermehren, besitzt der Fabrikarbeiter viele andre, die er den Werkzeugen verdankt, welche er gebraucht, so wie der Ueberlegung, mit der er sie handhabt. Werkzeuge, zur nämlichen Art von Arbeit bestimmt, je nachdem sie eine mehr oder minder taugliche Form haben, von mehr oder weniger gutem Stoff sind, können äußerst verschiedene Ergebnisse bewirken. Mancher Arbeiter, zum Beispiel, mit Feilen von vollkommner Gestalt und Härtung kann doppelt so viel Arbeit machen als ein Andrer, der keine so gute Werkzeuge dieser Art besitzt. Eben dies gilt von den meisten Meißeln, Bohrern, Zwickbohrern, Sägen, u. s. w.

In England schätzt man richtig die ganze Wichtigkeit, Werkzeuge zu besitzen, die es möglich machen, jeden Tag eine große Menge Arbeit zu liefern. In vielen nicht eben bedeutenden Gewerben des Kunstfleißes besitzt ein gemeiner englischer Arbeiter an Werkzeugen einen Werth von 1.000 bis 1.200 Franken, indeß ein französischer Arbeiter vom nämlichen Gewerbe eine Menge Werkzeuge besitzt, die kaum einen Werth von 100 Franken vorstellen. Nehmen wir an, mit Hilfe seiner Werkzeuge könne der Arbeiter, welcher deren nur für 100 Franken besitzt, täglich 3 Franken verdienen; indeß er, wenn er für 1.000 Franken Werkzeuge von besserer Gattung und von so verschiedenen Gestalten hätte, wie sie für alle seine Bedürfnisse nöthig sind, des Tags für 4 Franken, statt für 3, Arbeit liefern könnte, was gewiß eine sehr mäßige Annahme ist. Es folgt daraus, daß in dreihundert Arbeitstagen dieser Arbeiter 300 Franken mehr verdienen würde, als wenn er nur für 100 Franken Werkzeuge besäße.

Nehmen wir an, die 900 Franken Ueberschuß an Werkzeugen verursachten jährliche Unterhaltungskosten von 15 Prozent, so werden 135 Franken Ausgaben für Werkzeuge abzuziehen seyn von 300 Franken Gewinn; es bleibt also noch eine Summe von 165 Franken als reiner Ertrag eines Kapitals von 1.000 Franken an Werkzeugen.

Wenn von diesen 165 Franken der Arbeiter 65 zur Verbesserung seines täglichen Lebens anwendete, und 100 Franken zurücklegte, um sie als Kapital in der Sparkasse anzulegen, so hätte er nach acht und zwanzig Jahren 6000, nach zwei und vierzig Jahren 14.000 Franken erspart. Der Handwerksmann würde in dieser Ersparniß ein hinlängliches Einkommen finden, um während der Jahre seines Greisenalters bequem zu leben. Es wäre höchstwichtig, daß die Professoren umständlich den Zöglingen diese kostbaren Ergebnisse von der Anhäufung der Kapitalien vor Augen legten. Ein so gegebener Unterricht im Rechnen wäre zugleich eine Belehrung über gesellschaftliche Ordnung und häusliches Glück.

Die Vermehrung der Arbeit, die aus der Verbesserung der Werkzeuge entsteht, bringt auch für den Herrn einer Werkstätte oder Manufaktur vortheilhafte Wirkungen hervor, die wir schon untersucht haben, als wir annahmen, der Arbeiter könne aus jedem andern Grunde die tägliche Menge seiner Arbeit vermehren. Also haben die Herren von Werkstätten und Manufakturen nicht geringern Vortheil davon als die gemeinen Arbeiter, wenn diese die besten Werkzeuge und so viele derselben besitzen, als jede Art von Arbeiten es erheischt.

Wenn die Arbeiter und ihre Herren recht durchdrungen sind von der Wahrheit, die wir hier vortragen, so werden die Erstern keine andre als vortreffliche Werkzeuge jeder Art mehr kaufen wollen; Lineale, Winkelmaße, Zirkel von mathematischer Genauigkeit; Feilen, Meißel, Hohlbohrer,

Zwickbohrer, u. s. f., von so guter Gattung und so gutem Stoff, als der Kunstfleiß sie liefern kann. Wenn die Arbeiter und Manufakturherren in dieser Hinsicht Bessers fordern, so werden unsre Fabrikanten von Werkzeugen jeder Art gezwungen seyn, mehr Sorgfalt auf ihre Fabrikate, so wie auf die Wahl und Bereitung der rohen Stoffe zu verwenden: die vortheilhaftesten Ergebnisse werden aus einer solchen Veränderung entstehen.

Wenn die Werkzeuge einmal alle wünschenswerthen Eigenschaften haben, wenn der Arbeiter alle Mittel guter Nahrung und guter Aufführung anwenden wird, die seine physische Kraft vermehren können, dann werden ihm noch Mittel bleiben, seine Arbeit zu vermehren durch geschickten Gebrauch seiner Werkzeuge, indem er immer mehr Geschicklichkeit sich erwirbt, sie zu handhaben. Diese Geschicklichkeit verdankt viel dem Nachdenken des Arbeiters selbst, und der Stärke der Aufmerksamkeit, die er auf seine Arbeit verwenden soll. Ist ein Arbeiter gewöhnlich zerstreut, legt er keine große Wichtigkeit auf die Arbeiten, die man ihm anvertraut, dann wird er schwerlich je eine hohe Stufe von Vollkommenheit und Schnelligkeit erreichen.

Bei übrigens gleichen Umständen muß man folglich die Arbeiter, die sich still und mit gesammeltem Geiste beschäftigen, denen vorziehen, welche bei der Arbeit schwatzen, spielen, sich auf tausend Arten zerstreuen. In dieser Hinsicht hat der französische Arbeiter noch viel zu erwerben, ehe er den Grad der Aufmerksamkeit und des Stillschweigens erreicht, der den englischen Arbeiter auszeichnet.

Nachdem wir untersucht haben, was auf die absolute Menge der Arbeit Einfluß äußern kann, müssen wir untersuchen, worin die Arbeit selbst gewinnen oder verlieren könne, durch eine größere oder geringere Geschwindigkeit, die man den Bewegungen des Arbeiters giebt.

Nehmen wir zum Beispiel das Fortschaffen von Lasten, das durch Lastträger oder Hausirer geschieht, wie wir es in der vorigen Vorlesung dargestellt haben. Mit einer Ladung die, für Männer von mittlerer Kraft, nicht einmal 200 Kilogramme beträgt, ist der Träger unfähig, irgend eine Bewegung zu machen. Vermindert man stufenweise diese Ladung, so ist der Träger fähig einen Raum zu durchlaufen, der immer größer wird, jemehr die Last sich vermindert, bis zum Augenblick, wo er gar keine Last mehr trägt. Dann kann er einen Raum zurücklegen der, für Männer von mittlerer Kraft, nicht über 51 Kilogramme steigt im Tage, wenn sie einen langen Weg machen sollen. In diesen beiden äußersten Fällen ist die nützliche Wirkung, die das Gewicht der Last mißt, multiplizirt mit dem zurückgelegten Raum, gleich Null. Dies sind die äußersten Grenzen, zwischen welchen man ein solches Verhältniß von Last und Geschwindigkeit finden kann, daß das Produkt der Last, multiplizirt mit der Länge des Weges, den der Träger mit dieser Geschwindigkeit macht, das größte mögliche ist.

In allen Arten von Arbeiten, die der Mensch mit seinem Körper verrichten kann, giebt es gleichfalls ein gewisses Verhältniß von Kraft und Geschwindigkeit, das die größte nützliche Wirkung giebt, das heißt, welches macht, daß ein bestimmter Widerstand einen solchen Raum zurücklegt, daß das Produkt des mit diesem Raume multiplizirten Widerstandes ein Maximum ist.

Der aufmerksame Arbeiter, und besonders der Vorsteher einer Werkstätte oder Manufaktur, müssen sich bemühen, in allen Fällen diese Geschwindigkeit und diese Anstrengung abzuschätzen, die, richtig mit einander verbunden, die größte so gemessene nützliche Wirkung hervorbringen müssen.

Wenn der Geist der mit dem Gewerbfleiße beschäftigten Menschen sich einmal dieser Art von Beobachtungen zuwen-

det, dann darf man nicht zweifeln, daß in sehr vielen Arbeiten der Künste neue und sehr viel vortheilhaftere Verhältnisse werden festgesetzt werden zwischen den Anstrengungen und den Geschwindigkeiten, als die durch die alte Gewohnheit angegebenen Verhältnisse waren.

Ein sehr geschickter Maschinenfabrikant in England, Hr. Galloway, hat mir mehrmals gesagt, eine der merkwürdigsten Vervollkommnungen in Verarbeitung der Metalle, die auch bei der Handarbeit am meisten Ersparniß zuließ für das Bohren des gegossenen Eisens, sey die, daß man beträchtlich die Geschwindigkeit des Bohrers vermindert hat. Durch dies Mittel hat man gefunden, daß die Macht, multiplizirt mit dem durchlaufenen Raum für eine gegebene Macht, viel beträchtlicher ist.

Es giebt andre Arten des Gewerbfleißes, wo man hingegen durch große Vermehrung der Geschwindigkeit äußerst vortheilhafte Ergebnisse erlangt hat. Im zweiten Bande dieses Kurses habe ich das Beispiel der kreisförmigen Sägen angeführt, wo man für eine gegebene Macht die größte mögliche Wirkung erhält, wenn man der Bewegung der Säge eine beträchtliche Geschwindigkeit giebt.

Das Durchdringen der Körper von Flinten- oder Kanonenkugeln, von Pfeilen, und überhaupt von beliebigen Körpern, erfordert eine viel geringere Größe der Bewegung, wenn die Geschwindigkeit beträchtlich ist: daher wendet man eine Kraft an, die eine sehr große Geschwindigkeit den Kugeln mittheilt, welche man in Schlachten oder zur Zerstörung von Mauern braucht. Es wäre sehr wichtig, daß man für jede Art des Gewerbfleißes die verschiedenen Grade von Geschwindigkeit kennen zu lernen suchte, die für jede mechanische Arbeit am besten passen. Man sollte in einer Sammlung diese kostbaren Ergebnisse der Praxis bekannt machen, indem man stufenweise sie vervollständigte und sie vervollkommnete, so wie die Künste Fortschritte machen würden.

Außer der größten nützlichen Wirkung, die aus dem Verhältnisse der Macht zur Geschwindigkeit folgt, hat diese letztere ihre eigenen Vortheile, deren Betrachtung unumgänglich nöthig ist.

Nehmen wir an, eine Industrieanstalt erfordere für einen gewissen Fabrikationszweig ein Kapital von einer Million Franken; diese Manufaktur könne in einem Jahr für 2.000.000 Franken rohe Stoffe verarbeiten durch hundert Menschen, die jährlich dreihundert zwölf Tage arbeiten und 2 Franken des Tages erhalten. Die Gesammtausgabe für die Handarbeit wird seyn 62.400 Franken, zu welchen man einen Zins von 6.240 und 100.000 Franken addiren muß, als Zinse für die in der Fabrik steckende Million. Daraus ergiebt sich eine Gesammtausgabe von 168.640 Franken, welche die Fabrikationskosten während eines Jahres vorstellen von einem Werth roher Stoffe, der gleich ist 2.000.000 Franken. Da diese Stoffe selbst einen Zins von 10 Prozent für den Handelsmann vorstellen, so muß man als Werth der verarbeiteten Waare rechnen:

Roher Stoff.....	2.000.000 Franken.
Zins von seinem Werth....	200.000
Fabrikationskosten	168.640
Gesammtausgabe...	2.368.640

Nehmen wir nun an, mit zweihundert Arbeitern erfordere es zweihundert Tage um dieselbe Arbeit zu verfertigen, indem man, wie bei der ersten Annahme, jedem Arbeiter 2 Franken bezahlt. Die Summe der Kosten für Handarbeit wird 80.000 Franken seyn, statt 62.400; also eine stärkere Ausgabe.

Dreihundert zwölf jährliche Arbeitstage sind zu zweihundert Tagen, wie 10 ist zu 6,41, was den Zins des Geldes während der Zeit der neuen Fabrikation vorstellt. Folglich sind die Fabrikationsausgaben nur noch:

Handarbeit	80.000 Franken.
Unterhaltung der Manufaktur.	64.100
Summe	144.100

Wenn man diese Zahl mit 0,0641 multiplizirt, so findet man ein Produkt von 9.236 Franken, 81 Centimen, welche, addirt zu 144.100 Franken, eine Gesammtsumme geben von 153.336 Franken, 81 Centimen. Wir können also folgende Uebersicht aufstellen:

Fabrikationskosten	153.336 Fr.	81 Cent.
Zins der Waare während zweihundert Arbeitstagen	128.200	
Gesammtpreis des verarbeiteten Stoffes in dem neuen Fabrikationssystem, das heißt mit 200 Arbeitern, die 200 Tage arbeiten	2.281.536	81
Während wir nach der ersten Annahme als Gesammtpreis der Handarbeit gefunden hatten	2.368.640	
Wenn man abzieht	2.281.536	81
So bleibt zur Vertheilung zwischen dem für welchen man den verarbeiteten Stoff fabrizirt und dem Fabrikanten, ein reiner Gewinn von	87.103	19

Und dieser Gewinn wird hervorgebracht ungeachtet des Ueberschusses der Ausgabe, der entsteht aus einer Verzehrung von vierzigtausend Taglöhnen für die Arbeiter, statt daß es vorher nur ein und dreißig tausend zweihundert waren.

Dies Beispiel zeigt, daß in den Manufakturen, deren Kapital sehr beträchtlich ist, in Hinsicht auf die Ausgabe der Handarbeit, es wichtig ist, alle mögliche Mittel zur Beschleunigung der Arbeit anzuwenden, wenn man auch die Grenze der größten nützlichen Wirkung überschritten hat, die man aus den Arbeitern und den Maschinen ziehen kann.

So wie der Gewerbfleiß eines Volkes voranschreitet und seine Kapitalien beträchtlicher werden, so wird auch der

Werth des Materials der Industrieanstalten beträchtlicher in Hinsicht auf die Ausgabe für Handarbeit. Folglich ist es wichtig, daß man immer mehr die Geschwindigkeit der Fabrikationen beschleunige.

Also muß man es als einen mathematisch bewiesenen Grundsatz betrachten, daß je mehr sich der Gewerbfleiß eines Volkes vervollkommnet, desto mehr die Arbeiten des Gewerbfleißes Geschwindigkeit erhalten müssen; um zu allen Zeiten die größte nützliche Wirkung zu gewinnen.

Man kann diesen Unterschied der Geschwindigkeit auf die deutlichste Weise bemerken, wenn man den Gewerbfleiß der noch in der Kindheit befindlichen Völker mit dem der mehr oder minder vervollkommneten Nationen vergleicht. Alle Arbeiten werden bei den im Gewerbfleiß noch nicht weit gekommenen Völkern äußerst träge verrichtet; die Fortschaffungen, die Reisen geschehn bei ihnen mit großer Langsamkeit. So kann man sagen, daß überhaupt die Geschwindigkeit der Arbeiten und der Fortschaffungen geringer ist in Spanien als in jedem andern Lande des gebildeten Europa's; sie ist etwas weniger langsam in Italien, mehr beschleunigt in Frankreich, und noch mehr in Großbrittannien.

Wenn ein Mann Besitzer eines beträchtlichen Kapitals ist, das er durch seinen Verstand zu benützen sucht, so wird die Zeit für diesen Mann ein Gegenstand von großer Wichtigkeit, weil seine Gewinne sich vermehren im Verhältniß der Zahl der Operationen, die er in einer gegebenen Zeit vollbringen kann. Die Menschen müssen also immer größere Opfer bringen um ihre Zeit zu sparen und allen ihren Arbeiten immer größere Geschwindigkeit zu geben, so wie sie größere Kapitalien erwerben. Statt zu Fuß zu reisen, werden sie lieber eine ziemlich beträchtliche Summe ausgeben um zu fahren. Fährt die Eilkutsche sie nicht schnell genug, so werden sie ein noch schleunigeres Fortschaffungsmittel vorziehen, wie die Post. In wichtigen Fällen werden sie Kuriere senden, deren

Bayerische Staatsbibliothek München

Geschwindigkeit noch größer seyn muß. Endlich wird die Schnelligkeit der Mittheilungen, die sie einrichten werden, die Schnelligkeit der von der Regierung angeordneten sogar übersteigen. Es ist ein anziehendes und sehr lehrreiches Studium um diese stufenweise Entwicklung der Vermehrung der Geschwindigkeit in dem Fortschaffen der Personen und Sachen seit einigen Jahrhunderten: wir können es hier nur andeuten.

Eine gute Vertheilung der Arbeit muß unter die mächtigsten Mittel gerechnet werden, die Arbeiten der Menschen zu beschleunigen und zu vervollkommnen.

So wie die jedem Arbeiter befohlnen Bewegungen einfacher und weniger von einander verschieden werden, so wird die Wiederholung dieser Bewegungen leichter, schneller und vollkommner. Daher die erstaunlichen Ergebnisse der Vertheilung der Arbeit.

Indem ich ein berühmtes und von Oekonomen oft angeführtes Beispiel wähle, um die Wichtigkeit der Vertheilung der Arbeiten zu erklären, will ich die Wirkung beweisen, die ich so eben angedentet habe; eine Wirkung auf die man, wie mir scheint, noch nicht aufmerksam gemacht hat: daß nämlich der große Vortheil der Vertheilung der Arbeit einzig eine Folge aus der Natur unsrer Sinne ist, wenn man sie als Messungswerkzeuge, und als Wiederholer von periodischen Bewegungen betrachtet. Ich will nämlich von der Verfertigung der Stecknadeln sprechen. Ein Arbeiter, der diese Arbeit nicht gelernt, und nicht die Fertigkeit hätte, die zu dieser Art von Fabrikation nöthigen Werkzeuge zu handhaben, ein solcher Arbeiter mit aller Geschicklichkeit, die man bei ihm voraussetzen kann, würde nur eine sehr kleine Anzahl von Stecknadeln des Tags fertig machen; kaum könnte er mehr als ein Dutzend derselben zuwege bringen. Mit dem für diesen Zweig des Gewerbfleißes jetzt angenommenen Arbeitssystem bildet nicht nur das Ganze der Arbeiten ein besonderes Gewerbe; sondern diese Arbeiten sind auch vertheilt in eine große Menge

Bayerische Staatsbibliothek München

von Beschäftigungen, die meistens wieder eben so viele verschiedene Handwerke ausmachen. Ein erster Arbeiter zieht den Draht auf die Wellen, ein zweiter richtet ihn; ein dritter schneidet den gerichteten Draht ab; ein vierter spitzt; ein fünfter schleift das Ende ab, auf welches der Kopf kommen soll, und dieser ist selbst wieder der Gegenstand von zwei oder drei verschiedenen Arbeiten. Eine besondre besteht darin, diesen Kopf zu schlagen, eine andre, die Stecknadeln weiß zu sieden. Eben so ist es eine besondre und verschiedene Arbeit, die Papiere zu stechen und die Stecknadeln aufzureihen. Kurz, die bloße Verfertigung einer Stecknadel ist in achtzehn verschiedene Arbeiten vertheilt, die in den vollständigsten Fabriken durch eben so viele verschiedene Hände verrichtet werden.

Adam Smith führt eine kleine Fabrik dieser Art an, die nur zehn Arbeiter gebrauchte, und in welcher folglich mehreren Arbeitern zwei oder drei Arbeiten obliegen mußten. Dieser Fabrik, obgleich sie arm und schlecht mit Maschinen versehen war, gelang es dennoch, täglich 6 Kilogramme Stecknadeln zu liefern: in diesem Gewichte befanden sich über 48.000 Stück. Jeder Arbeiter verfertigte ein Zehntel dieser Summe, und konnte also angesehn werden, als hätte er in seinem Tage 4.800 Stecknadeln verfertigt. Hätten die Arbeiter getrennt gearbeitet, und wären sie nicht zu ihrem besondern Gewerbe gebildet worden, so hätte jeder von ihnen nicht zwanzig Stecknadeln gemacht; was nicht der zweihundertvierzigste Theil des Erfolges ist, den eine glückliche Vertheilung der Geschäfte jedem Arbeiter zu erreichen gestattet. Nach einer aufmerksamen Untersuchung werdet ihr nicht mehr über diese Thatsache erstaunt seyn, daß ein Arbeiter eine hinlängliche Anzahl von Bewegungen vollbringen könne, um 4.800 Stecknadeln in seinem Tag zu verfertigen. Nehmen wir den Tag zehn Stunden lang an, was nicht dem gewöhnlichen Arbeitstag in den Manufakturen gleich kommt. Zehn Stunden enthalten sechshundert Minuten, oder sechs und dreißigtausend Sekunden. Nehmen wir, was nicht zu viel ist, fünf

Bewegungen in jeder Sekunde an, so werden wir 180.000 Bewegungen haben, in zehn Stunden vollbracht, und diese Zahl, durch 4.800 Stecknadeln dividirt, giebt 37½ Bewegung für jede Stecknadel. Aber wenn der Arbeiter allemal zehn seiner Stecknadeln auf einmal abschneidet, allemal zehn schleift, zehn auf einmal richtet, so seht ihr, daß er eigentlich für die Verfertigung einer einzigen Stecknadel 375 Bewegungen hätte machen sollen. Diese Zahl ist beträchtlich genug, wenn man annimmt, daß keine Bewegung verloren geht für die Verfertigung eines so einfachen Dinges, als eine Stecknadel ist.

Ein Mann, haben wir gesagt, der nicht an die Wiederholung dieser einzelnen Bewegungen gewöhnt wäre, und dem man auftragen würde, nacheinander ganze Stecknadeln zu verfertigen, brächte nicht zwanzig im Tag zuwege. Also könnte er in seinem Tage nicht mehr als 7.560 nützliche Bewegungen vollbringen. Er würde fast vier Fünftel seiner Zeit verlieren: 1) weil die Bewegungen langsamer wären; 2) weil er, indem er jeden Augenblick von einer Bewegungsart zur andern übergehn müßte, keinen Takt hätte und nicht gefördert würde; 3) endlich, weil er sehr oft gewisse Werkzeuge weglegen müßte, um andre zu suchen und zu nehmen, und sie einige Augenblicke nachher eben so wegzulegen.

Es ist eine kostbare Kunst für den Vorsteher einer Werkstätte oder Manufaktur, wenn er die Arbeiten zu zerlegen weiß in so einfache, und dennoch so wenig zahlreiche Bestandtheile als möglich, um jeden Theil besondern Arbeitern anzuvertrauen. Dieser Vortheil kann noch viel weiter getrieben werden in großen Anstalten, als in kleinen, weil man mehr Arbeiter hat, die man in verschiedene Werkstätten vertheilen kann. Wenn man eine solche Vertheilung der Arbeit macht, so muß man die sorgfältigste Aufmerksamkeit darauf wenden, die Dauer jeder Art von Arbeiten zu berechnen, um sie in Verhältniß zu setzen mit der besondern Zahl von Arbeitern, die man dazu bestimmt. Durch dies Mittel bleibt

nie Jemand müssig, und das Ganze erreicht das Maximum der Schnelligkeit.

Die Vertheilung der von dem Menschen verrichteten Arbeiten hat den Vortheil, daß sie eine Menge einfacher, und so regelmäßiger Verrichtungen darbietet, daß die Mechanik sie mit äußerster Leichtigkeit vollbringen kann.

So kann man in dem Beispiele, das ich so eben angeführte, gebrauchen: Schleifsteine, um Handvollweise die fabrikmäßig gemachten Stecknadeln zu schleifen; Häspel, um auf einmal in großer Anzahl die Zwingelchen zu biegen, welche Stecknadelköpfe geben sollen; Scheeren, die mit einem einzigen Schnitt viele Metalldrähte auf einmal in der Länge abschneiden, die nöthig ist um den Draht der Nadeln daraus zu machen. Hingegen wäre es sehr kostspielig und sehr schwierig, eine einzige Maschine zu machen, die Drähte beim Herauskommen aus dem Zieheisen aufnähme, und sie allein verarbeitete, bis sie in Stecknadeln verwandelt wären durch verschiedene und sehr verwickelte Bewegungen.

Die Vertheilung der Arbeit hat also den Vortheil, die Arbeiten des Menschen schneller, und ihre Verbindung mit denen der Maschinen leichter, wie auch wirksamer zu machen.

Die Wiederholung der nämlichen einfachen Bewegungen, wie wir gesehn haben, wird zuletzt unsern Organen so leicht, daß wir sie machen, ohne daß unser Verstand daran Theil zu nehmen scheint. Dieser Mangel an Verstandesübung, hat man gesagt, ist ein wichtiger Nachtheil; er bringt den Menschen dem Thiere nahe; er macht aus der Vervollkommnung der mechanischen Künste ein wahres Unglück.

„Es ist ein trauriges Zeugniß, das man sich geben muß, „sagt ein sinnreicher Schriftsteller, daß man nie in seinem „Leben die Geschicklichkeit gehabt habe, mehr als den zehnten „Theil einer Stecknadel zuwege zu bringen.“ Dies ist der unvermeidliche Nachtheil des Fortschreitens der Künste.

Allein um gegen den Kunstfleiß gerecht zu seyn, muß man die Sache anders ansehn als in ihren Einzelnheiten, und

das Ganze der Gesellschaft betrachten. Vergleichen wir zwei verschiedene Völker: eins, wie das römische, das die Mechanik verachtete; ein anderes, wie das englische, das zuweilen zu vielen Eifer zu beweisen schien, um die Arbeit der Menschen durch die von Maschinen zu ersetzen. Wir wollen an einer gleichen Anzahl von Personen sehn, bei welchem Volke wir deren mehrere finden werden, die etwas anders thun, als eine Arbeit von Thieren.

Bei den Römern sehe ich zuerst eine ungeheure Anzahl von Menschen, gebraucht zum Drehen von Mühlen um Getreide zu mahlen, Oele zu pressen, Wasser zu heben; weil ihre Herren die Kunst nicht verstanden, die Kräfte der Natur so zu gebrauchen, daß der Mensch von jenen Arbeiten befreit würde, die würdig sind, Last- und Zugthiere zu beschäftigen. In England wird diese Arbeit gemacht durch die Kraft des Wassers, des Windes oder des Dampfes.

In den gröbsten Künsten sehe ich ebenfalls eine Menge von mühsamen und körperlichen Verrichtungen, die durch Thiere in Menschengestalt bei den Römern vollbracht wurden, und die jetzt bei gebildeten Völkern durch Maschinen verrichtet werden. Statt jener zahllosen Ruderknechte, die, mit dem Ruder in der Hand, die Galeeren so mühsam vorwärts bewegten, daß man von einer übermäßigen Arbeit sagt, es sei eine Galeerenarbeit, ich sage statt jener Schiffsmannschaft von Galeerensklaven haben die Neuern die Kraft des Windes benützt. Jetzt gebrauchen sie die Kraft des Dampfes, um dem Matrosen eine Menge von Verrichtungen zu ersparen, die noch immer das Seefahrerhandwerk, ungeachtet aller seiner Vervollkommnungen, zu einem harten und mühsamen Handwerk machen.

Der einzige Unterschied, den ich zwischen den Handarbeitern des Alterthums und denen der neuern Zeit bemerken kann, ist der, daß die Erstern maschinenmäßige Verrichtungen vollbrachten, die für ihre Kräfte zerstörend waren, während die Letztern nur leichte und nicht sehr beschwerliche voll-

bringen: es ist der, daß die Einen den Mühlstein drehten, indeß nun die Andern Stecknadeln schleifen; daß die Einen ein schweres Ruder führten, indeß die Andern nur einen Hahn umdrehen, oder eine Klappe aufheben dürfen. Dabei ist keine Ursache, wie mir scheint, sich tief zu betrüben, oder über Entartung des Menschengeschlechtes zu schreien.

Der Gewerbfleiß der Neuern bietet zur Entwicklung des Verstandes eine Menge Beschäftigungen dar, die den Alten unbekannt waren. Indeß die Wind=, Wasser=, Dampfmühlen dem Menschen niederdrückende maschinenmäßige Verrichtungen ersparen, erfordert die Erbauung dieser Mühlen, dieser Maschinen selbst eine große Zahl von verständigen Arbeitern, die sehr manchfaltige mechanische, physische, chemische Kenntnisse haben müssen. Die Erbauung der Werkstühle aller Art, die Verfertigung der Uhren, der mathematischen, astronomischen, optischen Instrumente, u.s.w., erfordern Künstler, deren Geist noch geübter, deren Kenntnisse noch manchfaltiger seyn müssen. Die Zahl der Künste, die wir besitzen und die den Alten unbekannt waren, ist sehr beträchtlich. Jede dieser Künste erfordert ohne Zweifel einige Handarbeiter, einige Maschinenmenschen; aber alle erfordern auch, für die allgemeine Leitung und die vorzüglichsten Verrichtungen, Künstler, deren Verstand sehr geübt seyn muß.

Ich kann also daraus schließen, indem ich mich auf wirkliche Thatsachen stütze, daß ungeachtet der Vertheilung der Arbeit, und ungeachtet des bloß maschinenmäßigen Gewerbfleißes, zu welchem eben durch ihre Vervollkommnung die Fabrikationen mehrerer Künste hinabgesunken sind, durch das Ganze der Fortschritte dieser Künste, und besonders durch die Eroberung der Mechanik, das Verhältniß der Arbeiter, die eines sehr entwickelten Verstandes bedürfen um ihr Gewerb auszuüben, heutzutage viel größer und vortheilhafter ist, als es bei den Völkern war, wo der Kunstfleiß nur in der Kindheit blieb.

Es schien mir nützlich, die unüberlegten und oberflächlichen Einwürfe zurückzuweisen, die man geglaubt hat machen zu können gegen den Gebrauch der Maschinen und die Vertheilung der Arbeit; welche letztere die Neigung unsrer Sinne so vortheilhaft macht, mit einer immer größern Regelmäßigkeit und Schnelligkeit einfache und einander ähnliche Bewegungen zu wiederholen.

Man muß nun einsehn, wie viele mächtige und manchfaltige Quellen es giebt, um ein großes Ergebniß aus den menschlichen Kräften zu ziehen, wenn sie ausgetheilt werden nach den Vertheilungen, die für die Arbeiten des Gewerbfleißes nöthig sind, indem man nämlich bessere Werkzeuge, bessere Maschinen gebraucht, indem man den Verrichtungen eine Geschwindigkeit giebt, die im Verhältniß steht zum Werthe des Materials, zur Wichtigkeit, zu der dringenden Nothwendigkeit der Handelsbedürfnisse; indem man alle Hilfsmittel der Wissenschaft und der Geschicklichkeit hinzunimmt, um aus den Angaben Nutzen zu ziehen, welche durch die Beobachtung geliefert werden.

Es ist sehr wichtig, selbst das Lernen der Menschen zu untersuchen, die sich dem Gewerbfleiße wiedmen; einen Unterricht, der oft ertheilt wird, nicht nur in Hinsicht auf die Bewegungen der Glieder und des Körpers, sondern auch auf die Vervollkommnung der Sinne, wie wir dies in den beiden ersten Vorlesungen angedeutet haben; so wie in Hinsicht auf die Vervollkommnung des Verstandes, und auf das Lernen des Lesens, Schreibens, Rechnens, der auf Künste angewandten Geometrie und Mechanik.

Wenn man einmal alle diese Mittel verbinden wird, um der Kraft des Menschen die größte Wirkung zu geben, die sie hervorbringen kann, dann wird man erstaunen zu sehen, welche manchfaltigere, zahlreichere, vollkommnere Erfolge man mit einer gegebenen Bevölkerung herbeiführen kann. So wie man die Mittel sich zu unterrichten, und die Gewohnheit zu beobachten bei den mit dem Gewerbfleiße beschäftigten

Menschen vermehren wird, so werden die einzelnen Vervollkommnungen, die in die Länge große Gesammtergebnisse herbeiführen, in allen Arbeitszweigen sich vermehren; die Erfindungen werden zahlreicher werden, und unter ihnen nothwendig sehr wichtige vorkommen. So wird der Kunstfleiß in einem immer schnellern Gange voranschreiten.

Ich habe noch nichts über die Handarbeit gesagt, die durch das weibliche Geschlecht verrichtet wird. Es ist nöthig, auf diesem wichtigen Gegenstande mit unsrer Aufmerksamkeit zu verweilen. Die Weiber haben eine viel geringere Muskelkraft, als die der Männer ist; sie sind häufigern Krankheiten unterworfen. Wenn sie Kinder unter ihrem Herzen tragen, werden sie noch minder fähig zu physischer Arbeit, und man kann die letzten Zeiten ihrer Schwangerschaft, so wie die ihres Wochenbettes und die nächst darauf folgenden, als für den Gewerbfleiß verloren ansehn. Endlich so lange das Säugen und die vielfältigen Sorgen dauern, die sie für ihre Pfleglinge tragen müssen, können sie nur einen unbeträchtlichen Theil ihrer Zeit und ihrer Kraft den Arbeiten der Künste wiedmen.

Es ist sehr wichtig, die Weiber mit Arbeiten zu beschäftigen, bei denen ihr Verstand sich mehr anstrengen muß, als ihre physische Kraft. Die Weiber sind mit einem Geiste der Beobachtung voll Feinheit ausgestattet; sie sind einer lang anhaltenden Aufmerksamkeit fähig, wenn diese nur nicht zu tief gedachte Verbindungen erfordert, oder eine zu starke Geistesanstrengung für jeden Augenblick.

Es ist klar, daß das Fortschreiten des Gewerbfleißes die für das weibliche Geschlecht passenden Beschäftigungen vervielfältigen muß. Eine Frau, unfähig Arbeiten zu verrichten, die große Kraft erfordern, kann den Gang einer mächtigen Maschine beaufsichtigen; sie kann die Bewegung dieser Maschine hemmen oder geben durch das Spiel eines bloßen Hebels oder eines leichten Strickes, und sie kann dies mit so viel Genauigkeit thun, als der stärkste Mann.

Die Vorsteher von Werkstätten und Manufakturen müssen ihre Arbeiten so vertheilen, daß die Personen vom weiblichen Geschlecht eine vortheilhafte Anstellung finden. Durch dies Mittel werden sie die Arbeit der Männer nicht so theuer bezahlen müssen, und können dennoch arbeitsamen Familien einen beträchtlichen Gesammtlohn bezahlen.

Was ich hier von den Weibern sage, kann ich auch von den Kindern behaupten, indem ich immer empfehle, ihre jungen Kräfte nicht zum Verderben ihrer Gesundheit zu mißbrauchen, und ihnen hinlängliche Zeit zu lassen zur Entwicklung ihres Verstandes durch einen ersten Unterricht. (Seht **die Reden und Vorlesungen über den Gewerbfleiß**; 2 Bde 8., 9te Rede.)

Eine andre sehr wichtige Aufmerksamkeit bezieht sich auf die Sittlichkeit der gewerbfleißigen Volksklasse. Man muß nach und nach die Personen aus dieser Klasse gewöhnen, sich selbst zu achten, die Süßigkeiten eines wohlgeordneten häuslichen Lebens zu erkennen, immer empfindsamer zu werden für die Ehre, die in einem wohlgeordneten Staat aus einem regelmäßigen Betragen beider Geschlechter entsteht, und aus einer Führung des Hauswesens, das den Anblick der Eintracht und des Glückes gewährt. So wie einmal der Wohlstand die Folge eines mehr vervollkommneten Gewerbfleißes wird, so wie die bloß physischen Arbeiten durch Maschinen verrichtet, und die Verrichtungen der Arbeiter mehr Kenntniß, Nachdenken, Gedächtniß und Urtheilskraft erfordern werden; so darf man gewiß seyn, daß diese Verbesserung in der Natur der Arbeiten eine entsprechende Verbesserung in den Sitten bewirken und zur Folge haben wird: es werden daraus mehr Ursachen der Volkeswohlfahrt fließen.

Fünfte Vorlesung.

Kraft der Thiere.

Mitten in dem so sehr vervollkommneten Zustand unsrer Wissenschaften und Künste bewundern wir mit Recht die Macht unsers Verstandes, der uns lehrt, die blinden Kräfte einer leblosen Materie zu gebrauchen zur Hervorbringung regelmäßiger, sicherer Wirkungen, die nicht minder genau abgemessen sind in ihrer Ausdehnung, als in ihrer Dauer und ihrer Gewalt.

Wie viel größer aber sollte unsre Bewunderung seyn für die Menschen, welche von den ersten Zeiten der Gesellschaft an Mittel gefunden haben, Geschöpfe zu zähmen, die einen sehr starken Willen haben, und das, was am wenigsten der Veränderung fähig scheint, die Natur der Familien und der Gattungen selbst zu ändern; in ihnen eine angeborne Liebe zur Unabhängigkeit und Freiheit zu ersetzen durch Gefühle der Verbindlichkeit, Freundschaft, Ehrfurcht und des Gehorsams, die dem Charakter der Thiere gegen den Menschen eingeprägt sind.

Dies ist jedoch eine der ersten Eroberungen, die der Verstand der Menschen gemacht hat.

Aber die Gewohnheit stumpft in uns die Gefühle ab, die in uns entstehen und dauerhaft werden sollten durch Thatsachen, welche so würdig sind unser Nachdenken zu beschäftigen, und unsre Bewunderung zu erregen.

Wir betrachten es heutzutage kaum mehr als ein Verdienst Thiere zu bezwingen, zu zähmen, abzurichten, die schon lang Hausthiere sind, und Familien zu unsern Bedürfnissen zu benützen, deren einzelne Glieder alle uns unsre rechtmäßigen

Sclaven, oder unsre natürlichen Gefährten zu seyn scheinen. Dennoch, wenn wir diese einzelnen Thiere mit denjenigen Familien vergleichen, die seit mehrern Geschlechtern fern von menschlichen Gesellschaften leben, so würden wir bald bemerken, mit welcher Geschicklichkeit, mit welcher Geduld und welchem Muth unser schwaches Geschlecht sich bewaffnen mußte, um eine so große Anzahl belebter Wesen unter sein Joch zu bringen, die uns an Geschwindigkeit, oder an Stärke, oder an Wildheit übertreffen.

Unter den Thieren, die man zu Hausthieren gemacht hat, giebt es nur wenige Gattungen, deren Thätigkeit wir gebrauchen können zur Hilfe bei unsern Arbeiten.

Die meisten Gattungen dienen uns zur Nahrung; einige auch zum Vergnügen, wie die Singvögel und die nachahmenden Thiere. Andre, mehr schmeichlerische Thiere gewinnen sogar unsre Vertraulichkeit; sie werden unsre Gesellschafter und Freunde; und, da sie keinen Begriff vom Glück haben, wenn ihre Knechtschaft nicht drückender wird durch unsre Größe und unsern Reichthum, so wird sie auch nicht leichter, wenn unser Vermögen und unsre Macht abnehmen. Deßwegen behält nur allzuoft der Unglückliche, der ganz in Dürftigkeit versinkt, nur Einen Freund noch, nämlich seinen Hund.

Ohne uns bei den Gattungen aufzuhalten, die zur Erheiterung unsers Lebens beitragen, müssen wir uns hier darauf beschränken, die zu betrachten, deren Kraft dazu dienen kann, nützliche mechanische Wirkungen hervorzubringen.

Die wichtigen Gattungen sind von einander verschieden durch die äußern Gestalten, und den innern Bau. Diese Unterschiede, deren Studium der Gegenstand der vergleichenden Anatomie und der Physiologie ist, bringen sehr große hervor nicht nur in der absoluten Kraft der Thiere, sondern auch in der Anwendungsart dieser Kraft und in der Dauer der Arbeit, die sie verrichten können. Wir können in dieser Hinsicht uns nicht in Einzelheiten einlassen, die in andre Wissenschaf-

ten einschlagen; aber wir können wenigstens durch einige einfache und bekannte Beispiele einen Begriff erlangen von diesen großen Unterschieden der Thätigkeit und der Gestaltung.

Betrachten wir jenes zugleich zierlich und stark gebaute Thier, das stolz seinen biegsamen Hals und sein Haupt erhebt, welches verschönert wird durch den Ausdruck des Eifers und des Muthes; sein schlanker und biegsamer Körper ist geschickt zu schnellen und verschiedenartigen Bewegungen; seine dünnen Beine und sein sichrer Fuß empfangen eine Menge verschiedener Antriebe, und pflanzen sie weiter fort, von dem langsamsten Gange an bis zum schnellsten Lauf. Es ist vortrefflich um weite Räume zu durchlaufen, um mit einem Sprung über breite Gräben, oder über hochragende Hindernisse wegzusetzen. Dies Thier besonders haben wir gebrauchen können zur Ersetzung der Langsamkeit, der geringen Ausdehnung unsrer Bewegungen. An dieser zwar unvollständigen, aber doch treuen Beschreibung müßt ihr das Pferd erkennen, welches der menschliche Verstand abzurichten gewußt hat für Reisen und Schlachten.

In einem andern Thiere wird die Zierlichkeit der Formen ersetzt durch die Festigkeit des Knochenbaues; sein dicker und schwerer Kopf, an den Rumpf befestigt durch Muskeln von ungeheurer Dicke zeigt eine breite Stirn, deren Stoßkraft sehr gewaltig ist. Da seine Beine kurz und seine Gelenke nicht sehr biegsam sind, so geht es nur langsam. Aber es besitzt alle Beständigkeit, die eine so zu sagen unerschöpfliche Kraft zu geben vermag; und in den längsten Tagen kann es, nach nur einigen Stunden Ruhe vom frühsten Morgen bis zur Abenddämmerung, seine Furchen im zähsten Boden ziehen. So ist der Ochse, den man gebrauchen muß, um langsam gewaltige und beträchtliche Wirkungen hervorzubringen.

Es ist ein sehr anziehendes und wichtiges Studium um das der Gewohnheiten, der Gänge, des Charakters, ich möchte fast sagen des Sittlichen der Thiere; auch ist es dem Gegenstande gar nicht fremd, der uns beschäftigt. Aber, da

wir einen sehr ausgedehnten Kreis von Kenntnissen zu durchlaufen haben, die in einer nähern Beziehung mit unserm Gegenstande stehn, so müssen wir uns damit begnügen, euch an die bewundernswerthen Schilderungen zu erinnern, die Büffon entworfen hat. Sie sind jetzt der schönste Grund seines Ruhmes, und dieser Grund ist unzerstörbar, wie die natürliche Beschaffenheit der Thiere, die er mit einer zugleich so treuen und so majestätischen Beredsamkeit beschrieben hat.

Ich will eben so, als einen würdigen Gegenstand eures Nachdenkens, eine gelehrte Abhandlung von Borelli anzeigen über die Kraft der Thiere; und die Vorlesungen über vergleichende Anatomie von Hrn. Cuvier, die gesammelt und herausgegeben wurden von Hrn. Dumeril, Mitglied der Akademie der Wissenschaften. In diesen Vorlesungen werdet ihr über das Stehen und die Bewegungen der Thiere gründliche Beobachtungen und sinnreiche Ansichten finden, woraus ihr großen Nutzen ziehen könnt, wenn ihr die Kraft der Thiere auf den Gewerbfleiß anwenden sollt.

Es wäre zu wünschen, daß man ein vollständiges Werk über die Erziehung dieser nützlichen Geschöpfe herausgäbe. In diesem Werk müßte man die verschiedenen Mittel erklären, die man angewendet hat um sie zu gewöhnen, freiwillig die uns gefälligen Arbeiten zu verrichten. Wenn man diesen herrlichen Gegenstand aufhellte durch alle möglichen Erläuterungen, welche die Geometrie und Mechanik, die Anatomie und Physiologie geben können, und wenn man mit ihrer Hilfe die durch Gewohnheit eingewurzelten Verfahrungsarten der Untersuchung und den Folgerungen einer weisen Theorie unterwürfe, so zweifle ich nicht, daß man neue und kostbare Hilfsmittel erhalten würde bei den Mitteln, mit dem größten Vortheil die Fähigkeiten und Kräfte der Thiere auf die Arbeiten der Künste anzuwenden.

Der Mensch wird in seinen Arbeiten unterstützt: durch das Rennthier im Norden; durch das Pferd, den Esel, den

Maulesel, den Ochsen, den Büffel und den Hund in den gemäßigten Zonen; durch das Zebra, den Elephanten, das Kameel, den Dromedar, u. s. w., in den heißen Ländern. Wir werden keine Untersuchung anstellen über die Kräfte, die der Kunstfleiß von den Thieren entlehnen kann, die in andern Himmelsstrichen als dem unsrigen gezogen werden.

Wir wollen uns damit begnügen, sorgfältig die vorzüglichste Gattung von arbeitenden Thieren kennen zu lernen, die alle, wie man sieht, vierfüßige Thiere sind, weil diese im Allgemeinen am wenigsten natürliche Ungelehrigkeit und am meisten verfügbare Kraft besitzen.

Das Pferd ist unter den ersten durch seine Fähigkeit zu tragen und zu ziehen, äußerst verschiedene Geschwindigkeiten anzunehmen, und lange Tagreisen zu machen.

Aber nicht alle Gattungen von Pferden haben gleiche Fähigkeit zu allen Arten von Bewegungen. Die dicksten Pferde sind am geschicktesten zum Ziehen schwerer Lasten; die deren Gestalt schlank und deren Wuchs hoch ist, sind am geschicktesten zum Laufen.

Die Gewohnheit macht auch die Pferde mehr oder weniger tauglich zu gewissen Arten von Arbeiten. So steigen die Pferde, die gewohnt sind in Berggegenden zu gehen, hinauf und hinab auf Straßen von einem gegebenen Abhange mit viel weniger Ermüdung, als Pferde, die nur in der Ebene zu gehen gewohnt sind.

Endlich giebt es unter den Pferden der nämlichen Gattung höhere oder kleinere, fettere oder magrere, stärkere oder schwächere, hurtigere oder langsamere. Nach diesen verschiedenen Eigenschaften gebraucht man sie entweder zum Staat oder zum Nutzen, als Last- oder Zugthiere, für langsame Gänge, oder für mehr oder minder schnelle Läufe.

Wir haben in Frankreich einige Gattungen von Pferden, die schön sind, und die wesentlichen Bedingungen für diese verschiedenen Arten von Thätigkeit gut erfüllen. Allein diese Gattungen zählen unglücklicherweise zu wenig einzelne Stücke;

der größte Theil unsrer Pferde ist von einer kleinen und schwachen Gattung. Die letzten Kriege haben nacheinander die besten dieser kostbaren Thiere weggerafft, und wir bedürfen der thätigsten Sorgfalt, und der umsichtigsten Beharrlichkeit, um uns die Verluste wieder zu vergüten, die unser Gewerbfleiß in dieser Hinsicht erlitten hat.

Ein gutes Pferd, mit seinem Reiter und mit dem für beide unentbehrlichen Gepäck beladen, was wenigstens 90 Kilogramme beträgt, kann täglich in sieben bis acht Stunden 40 Kilometer zurücklegen; daraus ergiebt sich eine nützliche Wirkung von 3.600 Kilogrammen, einen Kilometer weit gebracht.

Die gewöhnliche Ladung des Pferdes, als Lastthier betrachtet, wechselt von 100 zu 150 Kilogrammen, und man berechnet, daß die nützliche Wirkung seyn kann 4000 Kilogramme, einen Kilometer weit fortgebracht, auf einem ungefähr wagerechten Wege.

Wir haben gesehn, daß die tägliche nützliche Wirkung des Hausirers eine Ladung ist von 44 Kilogrammen, 20 Kilometer weit gebracht; was 880 Kilogramme gibt, einen Kilometer weit fortgeschafft. Dies ist nicht viel über das Fünftel der täglichen Wirkung des als Lastthier gebrauchten Pferdes. Also kann das nämliche Gewicht in Einem Tag eben so weit fortgeschafft werden durch zwanzig Pferde, wie durch hundert Menschen. Berechnet man, wie man es gewöhnlich thut, die Kraft eines Saumrosses auf die von drei Männern, die Lasten auf dem Rücken tragen, so irrt man sich wenigstens um 40 Prozent.

Die vortheilhafteste Art das Pferd zu gebrauchen ist nicht, daß man sich seiner als eines Lastthieres bediene; es ist viel besser, es als Zugthier zu gebrauchen. Nach den Berechnungen der Speditionshäuser, die nothwendig auf die mittlere Kraft der Güterfuhrpferde gegründet sind, kann ein Pferd täglich 700 bis 750 Kilogramme ziehen, ohne das Gewicht des Fuhrwerkes zu rechnen. Mit dieser Ladung kann es auf

einem guten, größtentheils wagerechten Wege, 38 Kilometer täglich zurücklegen. Dann bringt es also eine nützliche Wirkung hervor gleich 38mal 700 oder 760 Kilogrammen, einen Kilometer weit gebracht; das heißt gleich 26.600 Kilogrammen im ersten Falle, und 28.500 Kilogrammen, einen Kilometer weit gebracht im zweiten Falle.

Man sieht hier den ganzen Vortheil der Maschinen. Durch den Gebrauch der so einfachen Maschine des zweiräderigen Karrens bringt dasselbe Thier, das eine nützliche Wirkung von 4.000 Kilogrammen, einen Kilometer weit gebracht, erreichte, als es auf seinem Rücken trug, eine 7mal beträchtlichere nützliche Wirkung hervor, wenn es zum Ziehen jener Maschine gebraucht wird.

Vergleicht man die von einem Güterfuhrpferde hervorgebrachte nützliche Wirkung mit der, welche ein Hausirer hervorbringt, so sieht man, daß die erste 32mal größer ist, als die zweite. Also tragen zwei und dreißig Hausirer nur die Last, die ein einziges Güterfuhrpferd zieht. Dies Ergebniß ist äußerst merkwürdig.

Die Pferde der Güterfuhrleute gehen beständig im Schritt, und zwar etwas, doch nur wenig, langsamer, wenn sie aufwärts, und etwas schneller, wenn sie abwärts fahren. Dieser Schritt ist beinahe dem Geschwindschritt der französischen Truppen gleich; er beträgt 4 bis 5 Kilometer in jeder Stunde.

Betrachten wir die Wirkung der Pferde, die man zum Ziehen von Fuhrwerken im schnellen Schritte braucht. Die Eilkutschen werden gewöhnlich durch Pferde geführt, die immer im Trab gehn, und jede Stunde eine Poststation, das heißt 8 Kilometer machen. Diese Pferde legen täglich 34 bis 38 Kilometer zurück. Jedes von ihnen zieht gemeiniglich drei Personen mit ihrem Gepäcke. Gewöhnlich erlaubt man jedem Reisenden 15 Kilogramme Gepäck, und sehr oft führt er doppelt so viel mit sich; ohne die zur Bestellung gegebenen Päcke

zu rechnen, mit welchen jedesmal die Eilkutsche beladen wird. Man kann also kühn behaupten, daß 50 Kilogramme Gepäck und Ballen auf jeden Reisenden kommen; was, addirt zu 70 Kilogrammen, dem Gewicht des Reisenden, 120 Kilogramme auf die Person macht, und 360 Kilogramme als Gesammtgewicht, welches das Pferd zu ziehen hat. Diese Zahl, multiplizirt mit 36 Kilometern, dem mittlern, im Tage zurückgelegten Raume, giebt als nützliche Wirkung 12.960 Kilogramme, einen Kilometer weit fortgeschafft.

Ich nehme einen Theil der Angaben dieser Berechnungen aus dem Versuch über die Wissenschaft von den Maschinen, von Hrn. Guenyveau; aber die Ergebnisse, die er von den nämlichen Angaben herleitet, schienen mir einiger Berichtigungen zu bedürfen.

Wir finden 12.960 Kilogramme, einen Kilometer weit gebracht, als nützliche Wirkung eines Pferdes, das zweimal so geschwind geht, als das eines Güterfuhrmanns, welches eine nützliche Wirkung hervorbringt von 28.500 Kilogrammen, einen Kilometer weit fortgeschafft. Folglich, wenn man nur das Gewicht der fortzuführenden Dinge, und die zurückzulegende Entfernung betrachtet, ohne auf die Zeit zu merken, so muß es Einmal ersparender seyn, das Güterfuhrwerk, als die Eilkutsche zu gebrauchen.

Für das Fortschaffen der Gepäcke und Personen von Paris nach Calais nimmt die Eilkutsche einen mittlern Preis von 25 Centimen für den Kilogramm; das Güterfuhrwerk, 9 Centimen.

Das Verhältniß der täglichen nützlichen Wirkungen der Eilkutschenpferde und der Güterfuhrpferde ist 100:220, indeß das Verhältniß der Fortschaffungspreise ist 278:100.

Also wird der Tag des Eilkutschenpferdes ungefähr um ein Viertel theurer bezahlt, als die nützliche Wirkung des Güterfuhrpferdes.

Aber dieser Preis ist nothwendig zur Entschädigung der Postmeister für das schnelle Abnutzen der Pferde, und der Eilkutschenunternehmer für den Preis ihrer Fuhrwerke, der im Verhältniß viel höher ist, als derjenige der Güterfuhrwerke.

Diese Zusammenstellung reicht hin um zu zeigen, daß unsre Berechnung der Verhältnisse zwischen der nützlichen Wirkung der Eilkutsche und des Güterfuhrwerkes nicht sehr weit von dem wahren mittlern Werthe seyn kann; denn nur Annäherungen kann man in dieser Art von Untersuchungen erreichen.

Sähe man also nur auf die Ersparung der Thätigkeitsgröße und des Fortschaffungspreises, so haben wir eben bewiesen, daß man nie etwas anders, als durch Güterfuhrleute fortschaffen sollte.

Da die ersten Eilkutschen, die man errichtete, keine größere Geschwindigkeit hatten, als die der Güterfuhrwerke, so konnten sie äußerst ersparend seyn, und sie waren gut für Länder, wo der Gewerbfleiß noch in der Kindheit war. Allein, wie wir es in der vorigen Vorlesung bemerkt haben, so wie Künste und Handel sich ausdehnen und vervollkommnen, so findet sich eine größere Anzahl von Menschen, die, da sie sehr wichtige Arbeiten leiten, auf ihre Zeit sehr großen Werth setzen; diese Personen müssen mit vieler Schnelligkeit fortgebracht werden, selbst indem sie mehr bezahlen. Dies sind die Ursachen, die bewirkt haben, daß man stufenweise die Geschwindigkeit der Eilkutschen vergrößert hat. Daher sind auch die Länder, wo der Handel die größte Ausdehnung und der Gewerbfleiß die größte Thätigkeit hat, diejenigen, wo man die Menschen mit der größten Schnelligkeit fortbringt. In Italien reiset man gemeiniglich mit Fuhrwerken, die beinahe nur halb so geschwind gehn, als die Güterfuhrwerke; in Frankreich fahren die Eilkutschen ein- bis zweimal so geschwind

als die Güterfuhrwerke; in England fahren sie drei bis viermal so schnell. In England legen auf vielen Straßen die Eilkutschenpferde 12 Kilometer in der Stunde zurück, und machen täglich 40 bis 48 Kilometer.

Vier englische Pferde ziehen 4 Personen inwendig,
9 auswendig,
2 auf dem Sitze des Kutschers.

Summe 15 Personen.

Also zieht jedes englische Pferd drei Personen und $^3/_4$. Das ist mehr als die französischen Pferde. Aber die Fuhrwerke sind leichter, und es sitzt kein Postknecht auf einem Pferde, dessen Kraft dadurch um zwei Drittel aufgezehrt wird.

Schätzen wir in England, wie in Frankreich, das Gewicht des Reisenden und seiner Gepäcke auf 120 Kilogramme, so werden wir sehn, daß das englische Pferd 450 Kilogramme 40 Kilometer weit fortschafft; dies macht 18.000 Kilogramme, einen Kilometer weit gebracht (1).

Also würde die nützliche Wirkung eines englischen Pferdes, das eine Eilkutsche zieht, ungefähr um ein Drittel die Wirkung des französischen Pferdes übersteigen.

Ein irländischer Schriftsteller hat unsern Gewerbfleiß mit dem der Engländer vergleichen wollen. Er begnügt sich nicht damit, seine Landsleute sehr weit über uns zu stellen; auch die Pferde seines Vaterlandes sollen einen ungeheuern Vorzug haben. In dieser Hinsicht macht er solche Berechnungen, daß er zuletzt beweist, die Kraft eines in England zum Ziehen der Postkutsche gebrauchten Pferdes sey zu der Kraft unsers Eilkutschenpferdes, wie 9:4; indeß das wahre Verhältniß,

(1) Bemerken wir, daß in England die Reisenden viel weniger Gepäcke mitnehmen, und daß man die Eilkutschen nicht so ganz übermäßig wie in Frankreich beladet.

wenn man das Gewicht der Ladungen und Fuhrwerke berechnet, nur auf 6 : 4 steigt.

Doch, indem wir den Irrthum solcher Berechnungen bemerklich machen, müssen wir nichts desto weniger erinnern, daß es für ein Volk ein unermeßlicher Vortheil ist, Pferde zu haben, die um ein Drittel, ja auch nur um ein Viertel stärker sind als die seiner Nachbarn; weil man mit der nämlichen Zahl dieser Thiere, und beinahe mit der nämlichen Menge von Lebensmitteln, ein um ein Drittel oder um ein Viertel stärkeres Ergebniß erlangt. Aber in England ist die Anzahl der Pferde, die man zu jeder Art von Arbeiten des Gewerbfleißes und besonders zum Ziehen der öffentlichen Fuhrwerke braucht, viel beträchtlicher als in Frankreich. Es findet sich also in England viel mehr Bewegung und Fortschaffung unter der Bevölkerung.

In meinen Untersuchungen über die Macht von Großbrittannien, habe ich mich damit beschäftigt, die Hilfsmittel, welche dieser Staat darbietet, zu vergleichen unter dem Gesichtspunkte der menschlichen, und der thierischen Bevölkerung. Diese Arbeit giebt mit Vergleichungen der nämlichen Art, die ich für Frankreich gemacht habe, Zusammenstellungen, welche verdienen, daß die Aufmerksamkeit dabei verweile.

Fangen wir an mit Vergleichung der Anzahl der einzelnen Glieder jeder Gattung; es giebt ihrer:

In	Frankreich.	Großbrittannien.	Verhältnisse.
Menschen	31.300.000.	15.000.000.	2.086 : 1.000.
Pferde	2.122.617.	1.790.000.	1.186 : 1.000.
Ochsen, Kühe, ꝛc.	6.972.973.	5.500.000.	1.267 : 1.000.
Schafe	35.188.910.	26.148.463.	1.346 : 1.000.

Nun wollen wir die thierische Bevölkerung mit der menschlichen vergleichen, indem wir die Anzahl der Thiere im Ver-

hältniß zu 10.000 Einwohnern berechnen; man findet als solche Anzahl:

In	Frankreich.	Großbrittannien.	Verhältnisse.
Pferde	678.	1.193.	10.000:17.596.
Ochsen, Kühe, ꝛc. .	2.227.	3.666.	10.000:16.461.
Schafe.....	11.242.	17.432.	10.000:15.506.

Nimmt man als Vergleichungspunkt die mittlere Kraft des Menschen, so werden folgende Zahlen auf eine ziemlich annähernde Weise die gelieferten Kräfte darstellen:

	für Frankreich,	für Großbrittannien.
Durch die Menschen.....	11.000.000.	5.000.000.
Durch die Pferde	11.000.000.	10.000.000.
Durch die Ochsen, ꝛc.	21.000.000.	16.500.000.
Summe der lebendigen Kräfte	43.000.000.	31.500.000.

Folglich ist in Frankreich die Gesammtsumme der menschlichen Kräfte zur Gesammtsumme der thierischen, wie zehn zu neun und zwanzig.

In Großbrittannien ist die Gesammtsumme der menschlichen Kräfte zu der der thierischen, wie zehn zu drei und fünfzig.

Für den Ackerbau, auf welchen der größte Theil der thierischen Kräfte verwendet wird, ist die menschliche Arbeit, die nöthig ist zur Vervollständigung der thierischen Kraft, nur das Drittel der Arbeit der menschlichen Bevölkerung in Großbrittannien; indeß in Frankreich der Ackerbau zwei Drittel der menschlichen Bevölkerung wegnimmt. Folglich sind in Großbrittannien zwei Drittel von der Anzahl der Einwohner verfügbar für alle Arbeiten des Gewerbfleißes, indeß in Frankreich nur ein Drittel verfügbar ist. Dies allein zeigt uns eine unermeßliche Quelle der industriellen und Handelsüberlegenheit, welche Großbrittannien aus der Mithilfe der zur menschlichen Kraft genommenen thierischen zieht.

Die Thiere sogar, welche zu den Arbeiten des Ackerbaues und der Künste dienen, liefern dem Gewerbfleiß äußerst kostbare rohe Stoffe. In Großbrittannien findet der Gewerbfleiß für jeden Menschen eine fast doppelte Menge roher Stoffe, die unentbehrlich sind für die Fabrikationen in Häuten, Haaren, Hornen, Knochen, Därmen, u. s. w. Das Verhältniß ist noch größer für die Felle und Häute, die von den Schafen geliefert werden. Also hat der Gewerbfleiß verhältnißmäßig eine doppelte Anzahl von Personen, um seine Arbeiten zu vollbringen. Die Thiere, die der Mensch benützt um ihm in seinen Arbeiten zu helfen, liefern wieder an rohem Stoff eine fast doppelte Menge von Erzeugnissen in Großbrittannien, mit Frankreich verglichen. Da die Thiere in Großbrittannien im Allgemeinen von größerm Gewichte sind, als die in Frankreich, so ist das Verhältniß der Nahrung, die sie dem Menschen liefern, ungefähr gegen einander wie 1 zu 3. Endlich giebt diese dreimal so beträchtliche thierische Nahrung den brittannischen Arbeitern eine größere Muskelkraft, und die Fähigkeit, härtern und längern Ermüdungen zu widerstehn.

Ich will diese Betrachtungen nicht weiter ausdehnen, die ich so sehr als es die Wichtigkeit des Gegenstandes erfordert zu entwickeln gedenke, wenn ich den Theil meiner Reisen in Großbrittannien herausgebe, der von der erzeugenden Kraft handelt.

Man berechnet, daß in England 100.000 Zugpferde an Wägen und Güterfuhrwerke gespannt sind, und dreihundert Tage im Jahr arbeiten, indem jedes 800 Kilogramme 40 Kilometer weit in einem Tage zieht; was in einem Jahr 960.000.000.000 Kilogramme macht, einen Kilometer weit fortgeschafft. Setzt überdies die wenigstens zehnfache Arbeit hinzu, die von Pferden an Eilkutschen, Postwägen, Mangen, Pflügen verrichtet wird, und ihr werdet einen Begriff

bekommen von der unermeßlichen Menge von Kräften, welche die Pferde dem Menschen liefern auf einem so wenig ausgedehnten Gebiete, wie das von Großbrittannien ist. Bemerkt nun, daß die Dampfmaschinen eine viel größere Gesammtkraft vorstellen, als die der Güterfuhrpferde und der Staatspferde zusammengenommen. Berechnet dann die Kräfte des Wassers in den Wassermaschinen, die Kräfte des Wassers und der Menschen vereinigt für die Schiffahrt auf Flüssen, Kanälen und Küsten: dann werdet ihr begreifen, wie eines der kleinsten Länder von Europa dennoch eines von denen ist, wo die absolute Kraft, das heißt, die Summe der in Thätigkeit befindlichen physischen Kräfte, in ihrer Gesammtheit die beträchtlichste ist.

Die Engländer haben sich nicht damit begnügt, die Zahl der Thiere zu vermehren, die sie gebrauchen; sie haben sich noch sorgfältiger damit beschäftigt, die Gattungen derselben zu verbessern. Es ist ihnen gelungen, treffliche Pferde zu bilden, nicht nur für den Staat und die Wettrennen, sondern auch für die Wägen und Pflüge. Es scheint sogar, daß ihre Erfolge für diese beiden letztern Gattungen noch ausgezeichneter waren, als für die erstern. Aber da die große Mehrheit der Menschen bei den Gegenständen der Pracht und des Luxus stehn bleibt, so haben die in England so glänzenden Pferderennen die Laufpferde jenes Landes berühmt gemacht, indeß man kaum von seinen Zugthieren spricht, die eben so merkwürdig sind wegen ihrer Gestalt, als wegen der Dauer und Geschwindigkeit ihres Ganges.

Vergleicht man die Arbeit der Eilkutschenpferde in Frankreich und in England, so haben wir gesehn, daß die Eilkutschenpferde eine nützliche Wirkung hervorbringen, die nicht gar 50 Prozent mehr beträgt im zweiten Land, als in dem ersten. Die Güterfuhrpferde scheinen eine, etwa um ein Viertel stärkere, Kraft zu haben in England als in Frankreich.

Das ist gewiß ein Zurückbleiben, an dessen Wegschaffung der Regierung, dem Handel und dem Gewerbfleiß unendlich viel gelegen seyn muß. Ich glaube, darauf die Sorgfalt und Vaterlandsliebe aller guten Bürger aufmerksam machen zu müssen. Wir haben in dieser Hinsicht große und schöne Erfolge hervorzubringen. Es ist für uns äußerst wichtig, ich wiederhole es, die Rassen unsrer Pferde besser zu besorgen; sparen wir nichts, um den Gattungen vorzügliche Eigenschaften zu verschaffen. Statt Post zu fahren oder vielmehr zu schlendern mit kleinen, schlechten, verkrüppelten Pferden, die durch schwere Postknechte zusammengequetscht werden, sollten wir große, hochgewachsene Pferde von Kutschern mit Zügeln leiten, oder sie reiten lassen von jungen und leichten Jockeys; und den Muth dieser Pferde sollte man unterhalten durch eine verständig berechnete Nahrung, ihre Gesundheit durch eine Sorgfalt die jeden Tag, ja jeden Augenblick auf sie achtete. Wir können so in wenigen Jahren eine ungeheure Veränderung bewirken, die den glücklichsten Einfluß haben wird auf den Nationalreichthum und die öffentliche Kraft.

In den Arbeiten der Künste gebraucht man oft die Pferde um in der Mange umherzugehn und zum Fortschaffen von Lasten an mehr oder weniger entfernte Orte. In allen diesen Fällen, wenn nicht besondere Umstände es durchaus anders gebieten, muß das Pferd im Schritt gehn, um das Maximum seiner nützlichen Wirkung hervorzubringen; nur muß man diesen Schritt so lang machen, als es nach der Beschaffenheit des Thieres möglich ist.

Man hat sich damit beschäftigt, die nützliche Wirkung zu vergleichen, die durch ein Pferd, und die, welche durch Menschen hervorgebracht wird, die man zum Ziehen braucht. Die Franzosen rechnen, daß ein Pferd die Arbeit von sieben Menschen thue.

Nach einer Berechnung, die wir in der dritten Vorlesung angeführt haben, schafft ein Arbeiter, der einen Karren zieht, in einem Tage 2.300 Kilogramme einen Kilometer weit fort. Aber das Pferd des Güterfuhrmanns bringt täglich 28.500 Kilogramme einen Kilometer weit. Also ist die Arbeit des Güterfuhrpferdes gleich der von zwölf Menschen und einem halben.

Wenn man auf einen Franken 50 Centimen den täglichen Lohn des Taglöhners berechnet, so werden 12½ Tage 18 Fr. 75 Centimen kosten. Der Tag des Pferdes, das dieselbe nützliche Wirkung hervorbringt, kann nicht wohl über 4 Franken gerechnet werden. Dazu muß man den Lohn für den Fuhrmann rechnen, der 2 Franken beträgt; so wird also die Arbeit, die durch die Kraft des Pferdes verrichtet wurde, 6 Franken kosten; indeß eine gleich große, durch Menschen verrichtete Arbeit, 18 Franken 75 Centimen kostet. Wenn man ein Fuhrwerk mit 6 Pferden sammt einem Führer gebraucht, dem man 3 Franken bezahlt, so wird der wirkliche Taglohn für das Pferd nur 4 Franken 50 Centimen betragen; dies ist nicht das Viertel des Preises, auf welchen die gleich große, durch Menschen verrichtete, Arbeit steigt.

Nun wollen wir von der Kraft der Pferde zum Ziehen von Lasten sprechen. Aber vor allen Dingen müssen wir ein Werkzeug beschreiben, das geeignet ist, ein genaues Maß vom Ziehen zu geben. Dies ist das Dynamometer (der Kraftmesser).

Hr. Regnier, ehmaliger Conservator des Centralmuseums der Artillerie, ist Erfinder des Dynamometers. Er hat dies Werkzeug verfertigt nach der Aufforderung von Guenaud von Montbelliard und des berühmten Buffon, die im Voraus den ganzen Nutzen eines genauen Mittels erkannten, mechanische Anstrengungen zu messen. Schon hatte Graham eine

Maschine zur Erreichung dieses Zweckes erfunden; aber sie war sehr zusammengesetzt, und erforderte einen großen Aufbau von Holz um aufgestellt zu werden. Man findet die Beschreibung derselben in der Physik von Desaguiliers.

Hr. Leroy, Mitglied der ehmaligen Akademie der Wissenschaften, hatte ein Dynamometer verfertigt, bestehend aus einer metallenen Röhre von 3 oder 4 Decimeter Länge, die lothrecht auf einem Fuß stand, dem einer Lampe ähnlich, und eine Drahtfeder enthielt, über welcher ein mit Graden bezeichnetes Stängchen angebracht war, das eine Kugel trug. Dieses Stängchen konnte, wenn man es mit einem Finger drükte, sich mehr oder weniger tief in die Röhre einsenken; dann zeigte der Grademaßstab den Werth des Druckes an, und folglich die Kraft der Person, die mit ihrem Finger oder mit ihrer Hand auf die Kugel drückte. Dieses ziemlich sinnreiche Mittel war dennoch nicht so geeignet, alle Arten von Thätigkeit zu messen, wie das des Hrn. Regnier.

Hr. Regnier gebraucht eine lange und geschlossene Feder, auf die man wirken kann auf zwei Arten: 1) um schwache Drückungen hervorzubringen, indem man sie nach ihrer Breite zusammen drückt; 2) um große Anstrengungen hervorzubringen, indem man sie ihrer Länge nach zusammendrückt. Diese Feder setzt einen Zeiger auf einem mit Graden bezeichneten Zifferblatt in Bewegung: eine erste Gradebezeichnung in Kilogrammen zeigt die kleinen Anstrengungen an; eine zweite Gradebezeichnung in Myriagrammen weist die größten Anstrengungen.

Wenn man nur die Zugkraft der Pferde berechnet, so kann man sich aufgeben, entweder ihre augenblickliche Kraft, oder ihre tägliche Gesammtkraft zu berechnen. Die augenblickliche Kraft ist verhältnißmäßig viel beträchtlicher.

Wenn man das Dynamometer des Hrn. Regnier gebraucht, so sieht man, daß die Pferde einige Augenblicke lang eine Anspannung ausüben können, die gleich ist der eines Seiles, an das man ein Gewicht hienge, das von 300 bis 500 Kilogrammen abwechselt: so daß 400 Kilogramme der Werth der mittlern Anspannung zu seyn scheinen.

Da die Pferde, welche die größte augenblickliche Anspannung hervorbringen auch die sind, welche im Allgemeinen die größte tägliche Arbeit verrichten, so schlägt Hr. Regnier vor, den Werth der Zugpferde nach der Probe seines Dynamometers zu schätzen; wenigstens ist dies eine Art von Probe, die ein kluger Käufer immer versuchen sollte, ehe er seinen Handel abschließt.

Wenn das Pferd eine fortdauernde Arbeit verrichtet, so bewirkt es den Tag hindurch einen Zug, der von 50 bis 70 Kilogrammen abwechselt.

Nimmt man also an, die Zugkraft des Pferdes sey der von sieben Männern gleich, so müßte man daraus schließen, daß der einen Tag hindurch arbeitende Mann, nur einen Zug von 7 bis 10 Kilogrammen ausübt. Dies ist weit unter dem Gewichte, das er tragen kann, wenn er denselben Raum wie ein Pferd zurücklegt.

Bemerken wir eben so, daß die Anspannung von 50 bis 70 Kilogrammen, die durch ein Pferd bewirkt wird, das wagerecht zieht, weit unter dem ist, was es als Lastthier tragen kann; es ist beinahe nur die Hälfte davon.

Zwei an den Pflug gespannte Pferde üben jedes eine Anstrengung von 72 Kilogrammen, und durchlaufen 26 Kilometer; dies ist, für die Gesammtgröße ihres Zuges im Tage gleich 1.872 Kilogrammen, einen Kilometer hoch gehoben.

In England schätzt man, daß ein Pferd, wenn es 8 Stun-

den des Tags arbeitet, und 4 Kilometer in einer Stunde zurücklegt, ziehen kann mit einer Kraft von 90 Kilogrammen; eine nützliche Wirkung, die gleich ist $4 \times 8 \times 90 = 2.880$ Kilogrammen, einen Kilometer hoch gehoben; dies ist ungefähr das Zehntel des Gewichtes, welches ein Pferd fortbringen kann, wenn es an einem Wagen zieht.

Daraus würde also folgen, daß der Gebrauch der Fuhrwerke das wagerechte Fortschaffen zehnmal so leicht macht, als ein Zug ohne Maschinen; gewöhnlich schätzt man diese Vermehrung der Leichtigkeit nur auf das Achtfache.

Hr. von Rumford, hat sehr merkwürdige Versuche gemacht, um das Verhältniß der auf Fuhrwerken fortgeschafften Gewichte zu der Zugkraft zu bestimmen. Das Fuhrwerk, das drei Personen enthielt, wog 1.060 Kilogramme.

Auf dem Pflaster.	Im kleinen Schritt war der geringste Zug	v. 20 bis 22 Kil.
	Im starken Schritt	24 bis 28
	Im kleinen Trab	42 bis 47
	Im starken Trab	60 bis 65

Diese Unterschiede scheinen uns ungefähr proportionirt zu der Geschwindigkeit der Pferde, so daß der nämliche zurückgelegte Raum die nämliche Thätigkeitsgröße vorstellen würde, wenn man die Anspannung oder Kraft durch die Zeit multiplizirt.

Auf der Erde.	Im kleinen Schritt. Zug.	38 bis 42 Kilogr.
	Im starken Schritt	40 bis 42
	Im kleinen Trab	40 bis 44
	Im starken Trab	42 bis 50
Auf einer sehr sandigen Straße.	Im Schritt	80 bis 90
	Im Trab	80 bis 90

Auf der mit zerschlagenen Steinen überführten Straße von St. Cloud.....

Zug.	Im Schritt	36 bis 40 Kilogr.
	Im Trab	40 bis 42

Nach diesen Versuchen sieht man, daß mit dem Fuhrwerke des Hrn. vom Rumford, wenn man im Schritt auf dem Pflaster fährt, die Zugkraft zum fortgeschafften Gesammtgewicht ist :: 1 : 25.

Aber wenn man nur die drei in dem Fuhrwerk sitzenden Personen nimmt, so sieht man, daß die nützliche Wirkung ist, ein Gewicht fortzuschaffen, das gleich ist dem zehnfachen des geringsten Zuges. Dann muß man bemerken, daß in den Eilkutschen die fortgeschafften Gegenstände mehr wiegen im Verhältniß zum Gewichte des Fuhrwerkes. Also ob schon die im Trab gehenden Pferde mehr Widerstand fühlen als im Schritt, wenn sie auf dem Pflaster gehn, so kann man ohne merklichen Irrthum die Zugkraft der Eilkutschen-Pferde ansehn als gleich dem Zehntel des nützlichen Gewichtes, das sie fortschaffen.

Da Hr. von Rumford in Italien reiste in den Jahren 1793 und 1794, so hat er sehr merkwürdige Versuche gemacht, um zu erfahren ob es nicht besser wäre immer im Schritt zu reisen wie die vetturini (Fuhrleute), die mit Anbruch des Tages abgehn und den ganzen Tag im Schritt fahren; als jeden Tag vier oder fünf Stunden lang geschwinder zu fahren, und länger auszuruhen. Er hat aus eigner Erfahrung gesehn, daß seine Pferde in viel besserm Zustande waren nach einem Gange von vierzehn Tagen, wo sie täglich acht oder zehn Meilen im Trab gemacht hatten, als nachdem sie denselben Weg in derselben Anzahl von Tagen im Schritt zurückgelegt hatten. Diese Thatsache ist äußerst merkwürdig : sie gründet sich nothwendig darauf, daß der durch die Pferde des gelehrten Beobachters ausgeübte Zug weit unter der Grenze war, die er erreichen konnte.

Es ist wahrscheinlich, daß Hr. von Rumford auf einer mit zerschlagenen Steinen überführten Straße, oft auf der bloßen Erde, und nie auf einer gepflasterten Straße reiste.

Der Aufwand an Kräften bei dem Ziehen kann jeden Augenblick vorgestellt werden durch die Anspannung. Wenn also die Anspannung von 40 Kilogrammen im Schritt, auf der Erde, genommen wird, um die Größe der aufgewendeten Kräfte vorzustellen, während der zum Zurücklegen eines Kilometers im Schritte nöthigen Zeit, so wird die Anspannung von 46 Kilogrammen, die das im Trab gehende Pferd erfährt, das heißt, mit einer doppelten Geschwindigkeit und in einer um die Hälfte kürzern Zeit, nur 23 als Aufwand von Kräften geben; und es wird die ganze ersparte Zeit übrig bleiben zur Ersetzung der verlornen Kraft.

Diese Thatsache erklärt uns auch, warum die Italiener, wenn sie eine etwas steile Anhöhe hinauffahren, ihre Pferde im starken Trab gehen machen; weil nämlich die Gesammtgröße thierischer Kraft, die verzehrt wird um hinauf zu kommen, weniger beträchtlich ist wenn man geschwind, als wenn man langsam fährt. Daraus folgt, daß, wenn man die Pferde wieder ein wenig Athem schöpfen läßt, sie weniger ermüdet sind, als wenn sie langsam auf die Höhe der Straße kommen.

In England, wenn die Steigen nicht allzusteil sind, fahren die Eilkutschen im Trab darüber weg, mit einer Geschwindigkeit, die um ein Fünftel oder ein Sechstel geringer ist als in der Ebene; dies ist eine Beobachtung, die ich mit der Uhr in der Hand auf vielen Straßen gemacht habe.

Bis zu den nächstverflossenen Jahren hatten wir den Fehler, unsre Eilkutschen so ungeheuer zu beladen, und oft auch, verzeiht mir die Gemeinheit des Ausdruckes um der Wahrheit willen, solche Schindmähren zu gebrauchen um eine gegebene Menge von Reisenden und Päcken zu führen, daß im Augenblick wo man eine nur etwas steile oder lange Steige

antraf, man genöthigt war: 1) die Reisenden zu bitten, daß sie abstiegen; 2) die Pferde einen viermal langsamern Schritt als der Trab ist, annehmen zu lassen; dies ist die schlechteste Anordnung, die man denken kann. Ueberhaupt wurde Alles, was den Dienst der öffentlichen Fuhrwerke betrifft, lange in Frankreich geleitet mit einem Eigennutz, einer Unwissenheit und einer Grobheit, die gleich merkwürdig waren. Nur die Zeit, die Freiheit, alles zu sagen und zu drucken, und die freie Mitbewerbung der Unternehmer konnten zum Theil folgendes sehr einfache Ergebniß herbeiführen: Dem Publikum Fuhrwerke zu geben, die ein wenig tauglich seyen für die Mittel, die Bedürfnisse und die Bequemlichkeiten dieses Publikums.

Ich will mich nicht noch weiter in allgemeine Betrachtungen einlassen über die Kraft der Pferde. Sie ist die wichtigste, und in den Arbeiten der Maschinen gebraucht man fast keine andre thierische Kraft. Daher, ungeachtet des Anziehenden, welches die vergleichende Untersuchung über die Kräfte der andern Thiergattungen darbieten könnte, wollen wir uns in dieser Hinsicht in keine weitere Einzelheiten einlassen.

Wir wollen schließen mit einigen Betrachtungen über die Behandlung, die es so wichtig ist, den Thieren angedeihen zu lassen: dies ist ein Gegenstand von höchster Wichtigkeit, wenn man ihn unter dem doppelten Gesichtspunkt des öffentlichen Reichthums und der Sittlichkeit betrachtet.

Man führt mit verdientem Lob ein Gesetz von Athen an, das die ohne Ursache gegen Thiere verübten Grausamkeiten mit dem Tode bestrafte. Man dachte nämlich, solche Grausamkeiten müßten uns auch blutdürstige Gesinnungen gegen die Menschen einflößen, und das Gesetz verhütete in ihrer Quelle eine der schändlichsten Entartungen; die nämlich, welche ein Volk gefühllos macht für das Mitleiden.

Aber es reicht nicht hin, zur Sittlichkeit zu sprechen; man muß zum Eigennutz reden. Glücklicherweise für Thiere und Menschen zeigen uns dieselben Gründe und dieselbe Sprache als Ziel unsers Bestrebens einen doppelten Zweck des Nutzens und der Menschlichkeit.

Wenn man Thiere von gleicher Gattung beobachtet, Pferde, zum Beispiel, die durch Menschen von verschiedenem Charakter geführt werden, so scheinen diese Thiere selbst den Charakter geändert zu haben. Ruhe, Heiterkeit, ich möchte fast sagen Freude glänzen auf dem Gesicht und in den Blicken des Einen. Die Gesundheit verschönert es, wie sie alle Geschöpfe verschönert; weil sie seinen verschiedenen Formen eine vollständige und richtige Entwicklung der Verhältnisse giebt. Sein feines und glänzendes Haar hat die ganze Pracht der Reinlichkeit. Seine Bewegungen, frei ohne Aufbrausen und durch die Sicherheit gemäßigt, sind immer nützlich, und nie gefährlich. Da es einen sorgfältigen und guten Herrn hat, so folgt es ihm, wie einem Wohlthäter; es hört jeden Augenblick auf ihn; und wenn es auch keine Sprachwerkzeuge hat, um seine Antwort auszudrücken, so belebt doch eine äußerst nachdrückliche Thatensprache zugleich die Muskeln seines Körpers und die seines Gesichtes. Seine Augen, Lippen, Nasenlöcher, das Wiehern seiner Stimme, das Schütteln seiner Mähne, das Schlagen seines Schweifes und sein Trippeln, alles antwortet auf die Befehle, die Vorwürfe, die Schmeicheleien eines geliebten Herrn. Dies ist das rührende Gemälde, welches jeden Augenblick, mitten in Aegyptens und Asiens Wüsten, das arabische Pferd darstellt; das stärkste und sanfteste unter den Thieren seiner Gattung, weil es unter allen am meisten geliebt und besorgt wird.

Betrachtet dagegen jenes andre Thier von der nämlichen Gattung, das vorangeht mit gesenktem Kopfe, mit verdreh-

tem Hals und einem niedergeschlagenen, sklavischen Blicke; sein Fell ist häßlich von Schmutz; seine entfleischten Glieder sind mit einer fast abgeschälten Haut bedeckt, welche durch die vielfachen Spuren einer blutigen Peitsche gefurcht ist. Bei der geringsten Geberde seines Herrn springt es auf, zittert an allen Gliedern, springt plötzlich zurück, um schmerzhafte Wunden zu vermeiden, die es jeden Augenblick fürchtet; oder um endlich dem Unterdrücker irgend einen unversehenen Schlag zu versetzen, der das Schlachtopfer von seinem Henker befreit.

Ich suche hier gar nicht übertriebene Schilderungen zu entwerfen, um eine eitle Wirkung auf die Einbildungskraft zu machen. Bleibt in der ersten gangbaren Straße stehn, untersuchet aufmerksam unsre Pferde und ihre Führer, und seht ob ihr nicht hundert Beispiele finden werdet zu der, leider so treuen, Schilderung, die ich eben entworfen habe.

Es ist nur zu wahr, in vielen unsrer Städte sind die Fuhrleute und Kutscher im Allgemeinen hart und grausam gegen die Thiere, die sie leiten; sie beladen dieselben übermäßig. Können die armen Thiere die Last nicht mehr ziehen, die sie niederdrückt; dann schlägt sie ihr roher Führer mit verdoppelten Streichen auf die empfindlichsten Theile, auf den Hals, den Kopf, die Nase, und sogar auf die Augen. Das Blut der Opfer rieselt unter dem Strick oder dem Stiel der Peitsche, oder gar unter Stöcken und Scheitern, wenn sich solche in der Nähe des Wüthenden finden, der auf sie losschlägt. So richtet man in wenigen Jahren die guten Pferde zu Grund, und tödtet die mittelmäßigen.

In den Arbeiten, die ihr werdet zu leiten haben, fordert, daß die Führer eurer Pferde sanft und wohlwollend seyen gegen diese Thiere, die länger leben, länger ihre Kräfte behalten und viel mehr arbeiten, wenn sie es mit Sicherheit

thun können, wenn sie vollkommen gut behandelt und nie durch Furcht oder Schmerz niedergeschlagen werden. Der Vortheil sogar, der eigne Vortheil, ich wiederhole es, macht uns zum Gesetze, gegen die Thiere gut zu seyn. Aber wenn auch dieser eigne Vortheil es uns nicht vorschreibe, macht uns nicht die Menschlichkeit eine heilige Pflicht daraus? Die Menschlichkeit besteht nicht nur in der Güte des Menschen gegen den Menschen, sondern in der Güte des Menschen gegen Alles, was lebt. Dieses großmüthige Mitgefühl mit den Regungen aller empfindenden Geschöpfe ist das Eigenthum des Menschen; diese Ausdehnung, diese Allgemeinheit edelmüthiger Regungen erhebt ihn über alle andern Geschöpfe; und es hieße uns selbst unter die Thiere herabsetzen, unter die wildesten Gattungen sogar, wenn wir unsre Herzen gegen dieses ausgebreitete und sanfte Mitleid verschließen wollten.

Nein ich will mich nicht rechtfertigen vor meinen Zuhörern, daß ich zuweilen mit ihnen eine andre Sprache rede, als die von den strengen Gesetzen des Gleichgewichtes und der Bewegung. Ist es nicht im Gegentheil Pflicht für jeden Menschen, dem das Vaterland das wichtige Amt überträgt, die Fähigkeiten der Jugend zu bilden, daß er dafür sorge, zugleich die Regungen und Fähigkeiten des Verstandes und des Herzens zu entwickeln? Verschönern wir, wo möglich, unsre Reden und Thaten, wie unsre Gedanken und Schriften, durch jenes sittliche Gefühl, das, weit entfernt sich darauf zu beschränken, daß es für die Habsucht die größte Aufgabe der Selbstsucht löset: **Wie kann ich am geschwindesten zum Zweck gelangen, der mir der vortheilhafteste ist? vielmehr jene andre, für die Gesellschaft weit nützlichere Frage löst: Wie kann ich zu dem mir vortheilhaftesten Ziele gelangen, indem ich auf meinem Wege das meiste Gute verbreite?**

Wir haben so eben in ihrer Gesammtheit die lebendigen Kräfte kennen gelernt, die der Mensch zu den Arbeiten der Künste braucht; wir wollen nun von den zwei großen leblosen Kräften sprechen, von welchen der Gewerbfleiß Hilfe entlehnt, nämlich von der Kraft der Schwere und der Wärme.

Sechste Vorlesung.

Kraft der Schwere, hauptsächlich in dem Gleichgewicht und dem Druck der Wasser betrachtet: Wasserpressen.

Wir wollen keine besondere Vorlesung halten über die Anwendungen der Kraft, welche die Schwere fester Körper dem Gewerbfleiße liefert; der zweite Band unsers Kurses stellt mit vieler Umständlichkeit die wesentlichsten Anwendungen dieser Art von Kraft dar. Wir wollen sogleich die Wirkungen der Schwere auf flüssige Körper betrachten, und die Hilfe, welche diese Wirkung den Künsten leisten kann.

Wir geben den allgemeinen Namen **Flüssigkeiten** den Körpern, deren geringste Theilchen man trennen kann ohne merklichen Widerstand zu fühlen; wir nennen **unvollkommene Flüssigkeiten** die, deren Theilchen nicht anders getrennt werden können, als wenn man eine zwar kleine, doch merkbare Anstrengung macht.

Die (tropfbaren) Flüssigkeiten, wie das Wasser, ändern nicht merklich ihren Umfang, wenn man sie auch sehr verschiedenen Drückungen unterwirft. Wenn diese Drückungen sich vermindern und die äußere Oberfläche der Flüssigkeit frei ist, dann verwandelt sich ein Theil dieser Flüssigkeit in Dampf, wie wir dies späterhin sorgfältig erklären werden. Die Theilchen der Flüssigkeiten haben also ein Bestreben, sich von einander zu entfernen. Dies ist eine Wirkung, die man begreifen wird, wenn wir von der Wärme sprechen werden.

Wir kennen keine Flüssigkeit, die nicht jeden Augenblick irgend einer Kraft unterworfen wäre. Die Schwere, die auf

alle Körper wirkt und auf alle Theilchen jedes Körpers, strebt, jedes der Theilchen, woraus die Flüssigkeiten bestehn, dem Mittelpunkt der Erde näher zu bringen; nun hat dieses Bestreben immerfort Einfluß auf den Zustand des Gleichgewichtes oder der Bewegung der Flüssigkeiten. Wir wollen mit der Untersuchung des Gleichgewichtsstandes anfangen.

Denken wir uns, man bringe auf eine wagerechte Ebene eine große Menge von einer freien Flüssigkeit; da nichts sich der Wirkung der Schwere auf jedes Theilchen insbesondere widersetzt, so werden alle diese Theilchen gegen die Ebene hinabsinken, bis sie eine so ausgebreitete und so dünne Lage als möglich werden gebildet haben, die überall gleich dick ist. Der obere Theil dieser Lage hat alle Punkte in gleicher Höhe liegend.

Man gießt die Flüssigkeit auf eine krumme Fläche, zum Beispiel auf die Oberfläche der Erde; dann gewinnt die Aufgabe eine andere Gestalt. Ihre Lösung wird uns ein merkwürdiges Ergebniß kennen lehren, nämlich den Gleichgewichtsstand der großen Wassermassen, welche die Sümpfe, Seen und Meere bilden.

Wenn das auf der Erde verbreitete Wasser an irgend einen Ort gegossen wird, der vom Mittelpunkt der Erde entfernter ist als die umgebenden und anstoßenden Punkte; wenn dann nichts die Theilchen der Flüssigkeit hindert, sich zu zertheilen um der Wirkung der Schwere zu folgen, so werden sie über einander und auf der Oberfläche der Erde hinabsinken, wie auf schiefen Ebenen; sie werden sich bis zu den niedrigsten Gegenden begeben, das heißt zu denen, die dem Mittelpunkt der Erde am nächsten liegen.

Nachdem sie so den Grund der niedrigsten Gegenden des Bodens bedeckt haben, werden sich die Theilchen der Flüssigkeit ins Gleichgewicht setzen müssen; dies wird erst Statt haben, wenn keines von ihnen mehr tiefer hinabsinken kann.

Also wird die obere Fläche der Flüssigkeit überall nach einer wagerechten Ebene gerichtet seyn müssen. In der That, sonst müßten die höchsten Theilchen über die andern hingleiten, wie über eine schiefe Ebene, und es fände also kein Gleichgewicht Statt.

So steigen die Wasser, welche durch Regen, Thau, Schnee und geschmolzenes Eis auf die Erde gegossen werden, von den höchsten nach den niedrigsten Oertern herab. Sie bilden Bäche, Flüsse, Ströme, und werden aufgenommen in den natürlichen Behältern der Moräste, Seen, Meere, deren Ränder, die überall höher sind als die Oberfläche der Flüssigkeit, sie hindern, sich weiter zu verbreiten, und sie zwingen ihr Gleichgewicht zu behalten, so lange nicht störende Kräfte die vollkommene Ebene ihrer obern Fläche in Unordnung bringen.

So gründen sich die Bewegungen der wichtigsten Flüssigkeit unsrer Erde auf die beständige Wirkung der Schwere, und auf das Bestreben dieser Flüssigkeit, die Lage zu suchen, die dem Gleichgewicht angemessen ist.

Wenn man auf dem Meere schifft, ist das Ergebniß dieses Bestrebens auffallend.

Von allen Seiten stellt sich die Flüssigkeit dem Auge dar, wie eine weite ebene Fläche, deren Grenzen, Horizont genannt, in einer Ebene sind, die ihren Namen von der Ebene des Horizontes selbst bekommt; dies ist nämlich die wagerechte (horizontale) Ebene. So wie man auf dem Meere vorwärts schifft, geht der Horizont mit dem Reisenden. Da die Erde kugelförmig ist, so steigt der Horizont immer tiefer herab auf der Seite, wohin man fährt, und erhebt sich auf jener, von welcher man sich entfernt; so daß man auf dem Horizont in die Höhe zu steigen scheint, so wie man vorwärts fährt. Daher der Ausdruck: Auf das hohe Meer fahren, in die hohe See stechen.

Wäre die Erde vollkommen kugelförmig und gleichartig gebildet, so müßten alle lothrechten Linien senkrecht seyn auf der Oberfläche der Erde, und die Fläche der Wasser könnte an allen Orten nicht senkrecht seyn auf der lothrechten Linie, ohne eine vollkommene Kugel zu bilden.

Aber die Erde, statt nach jeder Richtung kugelförmig zu seyn, ist nur ein plattgedrücktes Sphäroid, sie ist nur rund in der Richtung der Parallelkreise; deßwegen hat die Oberfläche der ruhigen Wasser die kreisförmige Gestalt nur in der Richtung der Parallelkreise der Erde.

Man macht in den Künsten häufigen Gebrauch von dieser Eigenschaft, daß an jedem Orte die freie Oberfläche der Flüssigkeiten vollkommen wagerecht ist, wenn sie in Ruhe sind. Die Wasserwage ist gebildet aus einem hohlen Rohr ABC, Fig. 1, mit aufwärts stehenden Aesten, das mit Wasser oder jeder andern Flüssigkeit gefüllt ist bis zu einer gewissen Höhe. In A und C besteht das Rohr aus einem durchsichtigen Stoffe, wie Glas oder Kristall. Stellt man sich hinter die Oberfläche der Flüssigkeit in A, und überschaut man mit dem Auge die scheinbare Oberfläche der Flüssigkeit bis nach C, so wird der Gesichtsstrahl nothwendig wagerecht seyn.

Dies Mittel läßt eine viel größere Genauigkeit zu, als die Methode, welche man gebraucht, um die Lage der lothrechten oder der wagerechten Linie mit dem Bleiloth zu bestimmen; daher bedient man sich auch der Wasserwage für alle Verrichtungen, die zugleich Ausdehnung und Genauigkeit erfordern.

Die Ergebnisse, die man so eben dargestellt hat über das Gleichgewicht der Flüssigkeiten, sind unabhängig von der Gestalt der Oberflächen oder Gefäße, welche diese Flüssigkeiten enthalten.

Also in den Fig. 2, 3, 4 ist die obere Fläche der Flüssigkeit immer in derselben wagerechten Ebene AB.

Es giebt einen besondern Fall, der eine eigne Anführung verdient. Denken wir uns das Gefäß MKN, Fig. 5 mit Wasser gefüllt, und das gekrümmte, hohle Rohr OPQR auch angefüllt mit Flüssigkeit; dann in Verbindung gesetzt durch das Ende O mit der in MKN enthaltenen Flüssigkeit. Dann erfordert der Gleichgewichtsstand, daß die Höhe der Flüssigkeit die nämliche sey in dem Gefäß in MN, und in dem Rohr in X (1).

Eine sehr merkwürdige Folge von der ebenen Fläche, welche ruhige Flüssigkeiten annehmen, ist, daß wenn man sie in dem Gefäße, das sie enthält, auf jede andre Art stellte, der Schwerpunkt immer höher liegen würde, als in der Gleichgewichtslage; eine Folgerung, die wir unmittelbar von der Theorie der gleichlaufend wirkenden Kräfte hätten ableiten können. In der That, setzen wir den Fall, in einem beliebigen Theile der Oberfläche der Flüssigkeit höre die an die freie Oberfläche der Flüssigkeit streifende Ebene plötzlich auf, wagerecht zu seyn in *abe*, Fig. 6, und nehme plötzlich die schiefe Lage *cbd* an. Der Schwerpunkt der Flüssigkeit wird seine Lage ändern. Es sei M die Masse der Flüssigkeit, G die Lage des Schwerpunktes dieser Masse, wenn die obere Fläche wagerecht ist, und G′ die Lage dieses Schwerpunktes, wenn die Flüssigkeit begrenzt ist durch die Ebene *cbd*. Es sey *i* der Schwerpunkt der ganzen Flüssigkeit *abc* über der Ebene *ae*, und *f* der Schwerpunkt der ganzen Flüssigkeit *ebd* unter der Ebene *ae*. Wir werden haben: 1) Masse *abc* = Masse *ebd*; 2) da G′*g*, *i*I, *f*F senkrecht sind auf der wagerechten Linie I*g*G*f*, die als Momentenachse genommen wird, so werden wir haben: M × G′*g* = Masse von *abc* × I*i*, weniger Masse von *ebd* × F*f*. Also wird das Gesammtmoment seyn Masse von *abc*, oder sein Gleiches, Masse von *bed* multiplizirt mit I*i* — *f*. Also wird der Schwerpunkt G nach G′ hinaufrücken, genau um eine Größe = Masse *abc* × (*ii*′ + *ff*′), dividirt durch die Gesammtmasse der Flüssigkeit.

---

(1) Mehrere natürliche Erscheinungen der Quellen und Wasserabflüsse werden erklärt durch diese Eigenschaft der Heber.

Die Türken gebrauchen die Heber zur Leitung der Wasser ....

Also in dem Gleichgewichtsstande von M, das heißt, in dem Stande, wo die obere Lage wagerecht ist, liegt der Schwerpunkt der flüssigen Masse so tief als möglich.

Wir hätten von folgendem allgemeinen Grundsatz ausgehn können: Wenn eine beliebige Verbindung von Theilchen keiner andern Kraft, als der der Schwere folgt, so liegt im Gleichgewichtsstande ihr Schwerpunkt so tief als möglich. Wir hätten eben so bewiesen, daß diese Bedingung: daß der Schwerpunkt so tief als möglich sinke, nicht anders erfüllt werden kann, als wenn die Fläche der Flüssigkeit eben und wagerecht ist.

Nun müssen wir den Druck bestimmen, den jedes Theilchen der Flüssigkeit erleidet von den andern Theilchen, und den Druck, den diese Theilchen auf die Wände oder die Oberfläche des Gefäßes wirken, das diese Flüssigkeit enthält. Denken wir uns zuerst ein äußerst enges Gefäß AB, Fig. 7, lothrecht, und das nur eine einzige Reihe von senkrecht über einander liegenden Theilchen enthalten kann. Jedes derselben trägt offenbar das Gewicht aller darüber liegenden Theilchen. Folglich wird der Druck, den es erleidet, vorgestellt durch das Gewicht der Säule von Flüssigkeit, die sich über diesem Theilchen befindet.

Nun wollen wir ein Gefäß von beliebiger Gestalt und Größe betrachten, mit Flüssigkeit gefüllt bis nach MN, Fig. 8, und suchen, welche Drückungen das Theilchen B erleidet. Erstlich müssen diese Drückungen gleich seyn nach allen Richtungen; sonst würde dies Theilchen auf die Seite rücken, die ihm den geringsten Druck entgegensetzen würde.

Denken wir uns dann, die ganze Masse von Flüssigkeit werde plötzlich fest, ausgenommen die unendlich dünne lothrechte Säule BA senkrecht über B. Dann ist der in B erlittene Druck gleich dem Gewicht der Säule AB, wie wir es bewiesen haben für eine unendlich dünne Säule. Aber dieser

Druck wird in nichts geändert durch den Fall, den wir uns eben gedacht haben, indem wir einen Theil der Flüssigkeit fest werden ließen.

Also muß nach allen Richtungen das Theilchen B einen Druck erleiden gleich dem Gewichte der Säule AB.

Statt anzunehmen, B sey unendlich klein, wollen wir den Fall setzen, es sey eine unendliche Menge von Theilchen B, B′, B″ in der nämlichen Höhe; jedes von ihnen wird das nämliche Gewicht tragen; und die Summe der Gewichte wird die ganze Säule der Flüssigkeit seyn, die senkrecht über der Gesammtfläche ist, welche vorgestellt wird durch $B + B' + B'' + \ldots$.

Wenn ich mich in einen Theil BB′, Fig. 9, der Wände des Gefäßes stelle, der wagerecht ist, so werden alle Theilchen der Flüssigkeit, die in Berührung sind mit dem Gefäß, in der Ausdehnung von BB′, den nämlichen Druck tragen, und dieser Druck wird vorgestellt seyn durch die lothrechte Säule A′ABB′, deren Masse = Fläche BB′ × Höhe AB. Also trägt der wagerechte Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes einen Druck gleich dem Gewicht eines lothrechten Cylinders dieser Flüssigkeit, der diesen Boden zur Grundfläche hat, und überdies zur Höhe die Höhe des Wassers selbst, das im Gefäß enthalten ist.

Betrachten wir nun den schiefen Theil BB′, Fig. 10, der Wand des Gefäßes. Der Druck, den er aushält ist gleich dem Gewichte der Flüßigkeit, die in dem abgestumpften Cylinder AA′B′B enthalten ist. Wenn die Fläche BB′ sehr klein ist in Hinsicht auf die Höhe BA, so ist es hinlänglich *b* mitten in BB′ zu nehmen, und die obere Grundfläche AA′ des Cylinders zu multipliziren mit der mittlern Höhe *ab*. Nun ist Oberfläche AA′ : Oberfläche BB′ :: AA′ : BB′.

Also hat man als Gesammtdruck : Höhe *ab* × Oberfläche $BB' \times \frac{AA'}{BB'}$.

Diese Formel zu behalten ist sehr wichtig; sie kann dienen bei den Wasserbauten, bei der Verfertigung von Maschinen, Gefäßen, u. s. f.

Die Gesetze des Druckes der Flüssigkeiten, die wir so eben kennen gelernt haben, sind fruchtbar an wichtigen Folgerungen.

Denken wir uns, zum Beispiel, wir seyen beauftragt, ein Wehr AB, Fig. 11, zu bauen, um eine große Masse Wasser in einer gegebenen Höhe zu erhalten. Wenn wir dies Wehr mit der größten möglichen Ersparniß bauen wollen, so werden wir es oben nicht so stark machen als unten. Wir werden es so machen, daß diese Stärke sich nach gleichen Abstufungen vermehrt, vom Punkt B an bis zum Punkte A, damit sie überall in gleichem Verhältniß dem Druck des Wassers widerstehe; einem Drucke, der von B nach A abwärts in gleichen Abstufungen zunimmt.

Setze ich an die Stelle des Wehrs AB Schleußenthorflügel, so werde ich eben so diese Thore von B nach A abwärts immer stärker machen müssen. Dies bewirkt man, indem man die wagerechten Balken näher zusammenrückt, die man gebraucht zur Bildung des Holzwerkes dieser Thore.

Soll man Behälter bauen um Flüssigkeiten darin zu halten, so müssen gleichfalls die Mauern oder hölzernen Seiten, oder die Wände aus jedem andern Stoffe so gebaut werden, daß sie Widerstände leisten, die im Verhältniß stehn zu den Tiefen der Flüssigkeit in ihrem natürlichen Stande.

Betrachten wir nun die in Gefäßen enthaltenen Flüssigkeiten. Setzen wir den Fall, ein solches Gefäß habe die Gestalt einer Flasche AEFD, Fig. 12, und geben wir uns auf, den Druck zu berechnen, welchen die wagerechte Grundfläche EBCF aushält. Zu diesem Zweck wollen wir in Gedanken den lothrechten Cylinder ABCD bilden. Es ist klar, daß der Druck, den die Grundfläche BC aushält, gleich ist dem Produkt der Grundfläche BC multiplizirt mit der Höhe AB.

Aber der Druck in BC ist derselbe, wie auf allen Punkten von EF, die in der nämlichen Höhe liegen; sonst fände kein Gleichgewicht Statt. Also hält die ganze Grundfläche EF einen Druck aus, gleich der Oberfläche EF × Höhe AB; das heißt, dieser Druck ist gleich dem Gewicht der Wassermasse, die vorgestellt wird durch den lothrechten Cylinder GHFE, der EF zur Grundfläche, und AB zur Höhe hat.

Es ist klar, daß die Massen der beiden Cylinder GHFE, ADCB zu einander im Verhältniß stehn, wie die Oberflächen ihrer Grundflächen, weil sie gleiche Höhe haben. Also stehen die Drückungen auf BC und EF zu einander im Verhältniß :: Oberfläche BC : Oberfläche EF.

Daraus fließt folgender hydrostatische, scheinbar unglaubliche Satz : **Mit einer in einem Gefäße enthaltenen Flüssigkeit kann man auf die Grundfläche EF dieses Gefäßes einen Druck hervorbringen, der viel größer ist als das Gesammtgewicht der Flüssigkeit, die diesen Druck bewirkt.**

So zum Beispiel, wenn das kleine Gefäß *am*EF*nd*, Fig. 13, mit Flüssigkeit gefüllt ist, so hält die Grundfläche EF einen Druck aus, gleich dem Gewicht der ganzen Menge gleicher Flüssigkeit, die enthalten wäre in dem Cylinder GEFH.

So wenn man in den Boden MN eines Fasses, Fig. 14, das sehr dünne und sehr hohe Rohr *amnd* einfügt, das durch ein Glas Wasser gefüllt werden kann, wird der durch dies Glas Wasser auf den Boden EF gewirkte Druck so stark, daß er hinreicht um den Faßboden EF auszustoßen und zu zersprengen.

Nehmen wir an, statt des Glases voll Wasser hätte ich auf *mn* ein Gewicht gelegt gleich dem in dem Glase enthaltenen Wasser, so hätte der Druck aller Theile der Flüssigkeit sich nicht verändert, und dennoch hätte ich den Druck

auf den Boden EF so vielmal vermehrt, als die Oberfläche *mn* enthalten ist in der Oberfläche EF.

Nun sey p das auf *mn* gelegte Gewicht, und q das Gewicht der Wassersäule *mn*BC, so wird man haben: $p+q =$ dem auf BC gewirkten Druck. Also wird der auf die ganze Grundfläche EF gewirkte Druck seyn $(p+q) \times \frac{EF}{mn}$.

Nehmen wir zum Beispiel an, $p+q$ sey nur gleich einem Kilogramm, und EF stelle den Durchmesser eines Kreises vor, der einen Meter im Halbmesser hat, indeß *mn* der Durchmesser eines Kreises ist, der nur einen Centimeter zum Halbmesser hat.

Man wird haben: Oberfläche EF : Oberfläche *mn* :: 100 Mal 100, das heißt 10.000 : 1. Also wird der auf EF gewirkte Druck gleich seyn 10.000 Kilogrammen, was ungefähr das Gewicht von 150 Menschen ausmacht. So wirkt man in diesem Versuche mit 10.000 Mal der Kraft, die man gebraucht um einen unmittelbaren Druck hervorzubringen.

Der Grundsatz (1), den wir so eben erklärt haben, ist der der hydrostatischen Presse, oder wie man sie gewöhnlich nennt, der hydraulischen oder Wasserpresse.

Pascal hat diesen Grundsatz und seine Vortheile klar gemacht, indem er in den obern Boden eines aufrechtstehenden Fasses einen sehr langen und dünnen lothrechten Cylinder einfügte. Wenn man das Faß und dann den Cylinder füllt, so bringt das bloße Zugießen von einem oder zwei Litern Wasser, die der Cylinder enthalten kann, dieselbe Wirkung hervor, wie wenn das Faß, überall von gleichem Durchmesser, bis an die obere Grundfläche des Cylinders reichte. So reicht die Gewichtvermehrung von einem oder zwei Ki-

(1) Den ersten Beweis dieses Grundsatzes verdankt man dem berühmten Stewin, Mathematiker des Fürsten von Nassau, Erfinder der Rechnung mit Decimalen.

logrammen hin, den Boden des Fasses zu zersprengen, indem sie unendlich den Druck verstärkt. Nun nehmen wir an, man ziehe das Wasser aus dem dünnen Cylinder ab, und ersetze es durch ein festes, gleich schweres Gewicht, das die Gestalt eines Stämpels hat. Es ist klar, daß die Drückungen überall dieselben bleiben müssen. Denken wir uns nun, das Gewicht des Stämpels werde vermehrt durch die Gewalt eines Hebelarms, der auf seinen Stiel wirkt, so wird der Druck um so viel vermehrt werden. Auf diese Art kann man mit sehr wenig ursprünglicher Kraft auf den Boden des Fasses einen Druck hervorbringen, der ungeheuern Gewichten gleich ist.

Bramah, ein sehr geschickter Mechaniker, indem er diese theoretische Vorstellung auffaßte, hat davon auf die nützlichen Künste die glücklichsten Anwendungen gemacht. Zuerst erfand er Wasserpressen zum Abschreiben von Briefen, dann zur Hervorbringung größerer Anstrengungen und wichtigerer Ergebnisse. Heutzutage gebraucht man diese Maschine zum Auspressen der Oele; zum Zusammenpressen des Papierstoffes; ferner um alle Dinge, die großen Raum einnehmen und die man einschiffen soll, an Bord der Schiffe dichter zu machen und zusammenzupressen; um den Tabak in Blättern zu pressen, so wie das Heu, das die Engländer in beinahe feste Massen verwandeln, die sich vollkommen erhalten; u. s. f. Endlich hat Bramah seine Pressen angewandt auf die Fabrikation des Pulvers, so wie auf die Verfertigung der Laffeten.

Die Wasserpressen, ungeachtet der großen Gewalt, die sie haben, erfordern keine Gebäude von außerordentlicher Festigkeit; sie können auf kleinen Wägen errichtet und überall hingeführt werden, wo sie nöthig sind. Einer ihrer Vorzüge ist der, daß sie vermittelst der Leitröhren ihre Wirkung sehr weit von der bewegenden Kraft hervorbringen können.

Gehen wir über zu der Beschreibung einer Presse. Die Figur 15 stellt den lothrechten Querdurchschnitt einer Presse

vor. — Die Fig. 16 stellt davon einen lothrechten Aufriß der Länge nach dar. — *aaaa*, hölzernes Gestell der Presse, fest zusammengefügt durch Riegelnägel von geschmiedetem Eisen mit Schraubenmuttern. — *b*, arbeitender Cylinder, den man auf einem Boden von gegossenem Eisen festschraubt. — *c*, arbeitender Stämpel, dessen abwechselnde Bewegung nach einer lothrechten Linie die Wirkung der Presse hervorbringt. — *dd*, Tragplatte von Gußeisen, auf welche man die Dinge legt, die gepreßt werden sollen. — *e*, Aushöhlung, die in dem arbeitenden Cylinder ausgedreht ist, um ein doppeltes Leder *x*, *x*, *x* aufzunehmen, das ausgespannt gehalten wird durch einen metallenen Ring; dies macht die Einfügung des arbeitenden Stämpels in seinen Cylinder hermetisch (luftdicht) genau. — *f*, durchbohrte und oben in den Cylinder geschraubte Nuß. Der Stämpel gleitet durch diese Nuß hindurch, welche das doppelte Leder mit dem dasselbe ausspannenden Ring festhält. In dem obern Theile der Nuß ist der Kanal kreisförmig ausgeweitert, und ausgefüllt mit Werg oder mit jeder andern eben so weichen Ausfütterung, die mit Oel getränkt und festgehalten ist durch eine dünne Randleiste. Diese Ausfütterung dient zugleich dazu, dem Cylinder Oel zu liefern, und das Eindringen jedes Stoffes zu hindern, der die Oberfläche des Stämpels beschädigen könnte. — *g*, Leitröhre, welche die Verbindung zwischen dem arbeitenden Cylinder und dem einspritzenden herstellt. Das Ende *g'* dieser Röhre ist fest an eine kegelförmige Oeffnung geschraubt, die sich unten in der Wand des arbeitenden Cylinders befindet. Am andern Ende *g''* derselben Röhre ist eine Verstärkung, die vermittelst einer durchbohrten Nuß angedrückt wird an eine viereckige Aushöhlung in der Wand der Einspritzungspumpe, und wasserdicht gemacht durch einen dazwischen gelegten ledernen Reif. — *h*, ein **Ventil**, dessen Klappe an nichts festhält, und die Gestalt eines Nagels mit rundem und plattem Kopf hat, öffnet und schließt die Verbindung zwischen dem einspritzenden und dem arbeitenden Cylinder. Ueber diesem Ventil ist eine kleine Schraube, die dazu dient, die Erhebung der Klappe zu leiten. Wenn man diese Schraube aufdreht, kann man die Klappe wegziehen, so oft man es nöthig glaubt. — *i*, Cisterne oder Behälter, mit Wasser gefüllt. — *k*, kegelförmiger Zapfen, der die Oeffnung des Behälters schließt

Nimmt man diesen Zapfen heraus, so kann das Wasser von außen aufgesaugt werden durch eine Röhre oder einen Heber. Mit einer Röhre oder einem Trichter kann man den Behälter eben so leicht füllen. — *l*, Ventil, in einer Nuß (Hülse) enthalten, die an dem Boden des Einspritzungscylinders festgeschraubt ist. Das Erheben der Klappe dieses Ventils wird geleitet durch einen kleinen Stift, der durch das Hintertheil derselben geht. — *n*, Einspritzungsstämpel, dessen Untertheil fest und in Gestalt eines vollkommen kreisförmigen Cylinders gedreht ist. Die Stange dieses Stämpels hat in ihrer Mitte eine lange Höhlung, $n'n''$, durch welche die Achse eines Hebels *p* geht, der an einem Ende fest ist, und am andern einen Handgriff hat, welchen die bewegende Hand fassen kann. Das oberste Ende n''' von der Stange des Stämpels ist ein erhabner Cylinder, der durch einen hohlen von gleichem Durchmesser geht, dessen Tragstück an dem obern Querholze des Gestelles festgemacht ist. Das Aufsteigen des Stämpels wird geleitet durch eine Verstärkung an der Grundfläche des erhabnen Cylinders, und durch eine an dem Obertheile dieses Cylinders festgeschraubte Nuß. — *o*, durchbohrte Nuß, durch welche der Einspritzungsstämpel geht, und die, indem sie sich anschraubt, die beiden Leder (die Liederung) an den metallenen Ring festdrückt, der zwischen ihnen und dem Untertheil einer Aushöhlung liegt, die im Innern des Einspritzungscylinders angebracht ist: auf diese Art macht man die Einfügung des Einspritzungsstämpels in den Cylinder hermetisch. Der obere Theil dieser Nuß ist kreisförmig ausgeweitert, um dem Oel zum Behälter zu dienen. — *p*, bewegender Hebel oder Stiel der Pumpe. — *q*, Abzugshahn. Dies ist ein hohler Cylinder, der an die Grundfläche des Gestells geschraubt ist. Ein Stiel *r* ist befestigt am Ende des erhabenen Cylinders; das andere Ende hat eine Schraube, endigt sich in einen Kegel, und wird eingeschraubt in eine kegelförmige Aushöhlung durch die Wand der Einspritzungspumpe hindurch. Wenn diese Schraube nicht fest schließt, so öffnet sie die Verbindung zwischen dem arbeitenden Cylinder und dem Behälter; wenn aber die Schraube zugedreht wird und ansteht, dann schließt sie genau den Durchgang. Man dreht den Hahn *q* rechts, um zu schließen, und links, um zu öffnen.

Es ist leicht, die Wirkung der Presse zu begreifen. Nehmen wir an, der arbeitende und der einspritzende Cylinder seyen mit Wasser gefüllt, so wie die Leitröhre, die sie verbindet; ferner werde noch mehr Wasser in den Behälter zugegossen. Erhebt man den Einspritzungsstämpel, so steigt das Wasser aus dem Behälter in den Einspritzungscylinder durch das Ventil *l*. Sinkt der Stämpel herab, so schließt sich das Ventil *l*; das Wasser hebt die Klappe *h* auf; es geht durch die Röhre *g*, die es in den arbeitenden Cylinder leitet, dessen Stämpel es aufhebt, sammt der Last, die er trägt, und dies im Verhältniß zu der Menge des eingespritzten Wassers. Steigt der Einspritzungsstämpel wieder, so schließt sich die Klappe *h* und verhindert das Zurückfließen des in dem arbeitenden Cylinder angehäuften Wassers. So verhindert man den arbeitenden Stämpel, wieder herabzusinken ehe man aufs neue den Einspritzungsstämpel in Bewegung setzt; und das Verfahren wird nun wiederholt, wie wir es so eben beschrieben haben. (1)

Ist die völlige Gewalt der Presse auf die ihrer Wirkung unterworfenen Dinge hervorgebracht, dann öffnet man den Abzugshahn; der arbeitende Stämpel sinkt durch sein eignes Gewicht wieder herab; und das Wasser fließt durch die Oeffnung des Hahns wieder in den Behälter zurück.

Man berechnet auf folgende Art die Kraft der Pumpe:

---

(1) Man muß die Presse äußerst reinlich halten, den Behälter mit reinem Wasser füllen, und endlich den arbeitenden Stämpel mit dem besten milden Oel einschmieren. Durch die Einfachheit ihres Baues ist die Presse nicht sehr in Gefahr sich zu verderben. Wenn sich aber irgend ein fremder Körper an eines der Ventile hängt, so muß nothwendig das Spiel dieses Ventils unterbrochen werden, bis der fremde Körper weggenommen ist. Man kann zu jeder Zeit das Ventil *h* untersuchen, wenn man nur die Schraube wegnimmt, die es bedeckt. Eben so kann man die Abzugsklappe *q* untersuchen, indem man sie losschraubt. Um das Ventil *l* zu besichtigen, muß die Pumpe ganz ausgehoben werden; aber dies kann nur selten nothwendig seyn.

Wenn zwei Säulen von Flüssigkeit miteinander in Verbindung stehen, so theilt sich jede Gewalt, die auf eine derselben ausgeübt wird, mit, im Verhältniß der drückenden Oberflächen. Die mechanische, auf den Einspritzungsstämpel ausgeübte Gewalt wird also fortgepflanzt auf den arbeitenden Stämpel vermittelst der Flüssigkeit, im Verhältniß der Oberflächen der beiden Stämpel (1). Dies ist die Vervielfältigung der Kräfte, welche Bramah die hydrostatische Gewalt der Presse genannt hat.

Es giebt Wasserpressen, in welchen die durch den arbeitenden Stämpel getriebene Platte abwärts, statt aufwärts wirkt. Es giebt andre Pressen, in welchen das Gestell, das den arbeitenden Stämpel umgiebt, sich zugleich mit diesem Stämpel bewegt, um so die Annäherung der beiden Theile zu beschleunigen, die das Pressen bewirken. Umständliches hierüber findet man anziehend geschildert in der vollständigen Abhandlung über die auf Künste angewandte Mechanik, von Hrn. Borgnis; sechste Abhandlung: Ueber die zu den verschiedenen Fabrikationen gebrauchten Maschinen, Seite 100 und 227.

Nun, da wir umständlich das Spiel der Wasserpresse erklärt haben, halten wir es für nützlich, die Anwendung die-

---

(1) Nehmen wir zum Beispiel an, der Durchmesser des arbeitenden Stämpels sey = 3 Centimetern, der des Einspritzungsstämpels = 9 Centimetern; der kleine Hebelarm = 10 Centimetern, und der große Hebelarm = 60 Centimetern. Die Oberflächen der beiden Stämpel sind im Verhältniß zu den Quadraten ihrer Durchmesser; dies giebt $(\frac{3}{9})^2 = (\frac{1}{3})^2 = \frac{1}{9}$. Dieses Verhältniß setzt die hydraulische Gewalt der Presse fest. Die mechanische Macht des Hebels ist $\frac{10}{60} = \frac{1}{6}$; folglich ist das zusammengesetzte Verhältniß der Macht zum Widerstand der Presse gleich $\frac{1}{9 \times 6} = \frac{1}{54}$. Wenn wir uns also den Einspritzungsstämpel denken als bewegt mit einer Kraft von 100 Kilogrammen, so werden die der Wirkung der Presse unterworfenen Dinge eine Gewalt aushalten von 54 mal 100, oder 5.400 Kilogrammen.

ser Presse auf Arbeiten darzustellen, die für einige Künste sehr wichtig sind.

Wasserpressen zum Verpacken. Als ich die schönen Magazine des Zeughauses von Woolwich, am Ufer der Themse, besuchte, sah ich eine Wasserpresse auf dem Boden, oder vielmehr unter dem Boden eines ersten Stockwerkes errichtet. Diese Presse wird gebraucht um Ballen jeder Art, Kleider, Pferdgeschirre, u. s. f., zusammenzupressen und ihnen den kleinsten möglichen Umfang zu geben. Dann werden diese Ballen aus dem Centralzeughause nach den Niederlagshäusern, oder an die Armee versandt.

Eine große und eine kleine Einspritzungspumpe (1) mit der Hand bewegt vermittelst eines Hebels, liefern ihr Wasser durch einen kleinen Kanal, der bis auf den Boden eines starken eisernen Rohres geht, das fest gehalten wird unter dem Boden durch Bänder von demselben Metall. Der arbeitende Stämpel, der in diesem Cylinder geht, trägt eine metallene Platte; das Obertheil stellt eine ziemlich tiefe Einfassung dar, worin man kleine hölzerne Bohlen aufsetzt, um den Druck mit einiger Elastizität fortzupflanzen. Ein Gestell von Zimmerholz enthält einen wagerechten Balken, zwischen welchem und der Platte der Druck geschieht; wenn die Platte herabgelassen wird, so schließt sie genau ein viereckiges Loch zu, das in dem Boden angebracht ist, von welchem sie einen Theil auszumachen scheint.

Wasserpresse angewandt auf das Ebnen der Holzstücke. Der merkwürdigste Gebrauch, den man bis jetzt von der Wasserpresse gemacht hat, ist derjenige der zum Abhobeln von Hölzern gebrauchten Maschine (planning machine).

---

(1) Die kleine wird gebraucht zum Zusammenpressen der Ballen, welche größere Gewalt erfordern; die andere, die ihre Wirkung in kürzerer Zeit hervorbringt, weil diese Wirkung nicht so mächtig ist, dient für solche Dinge, die keinen beträchtlichen Druck erfordern.

Wir haben ins Einzelne gehende Plane von dieser schönen Maschine gegeben im ersten Theil unsrer Reisen in Großbrittannien: Kriegsmacht.

Es waren eine Menge von Schwierigkeiten zu überwinden, und sehr viele wesentliche Bedingungen zu erfüllen, um diese Maschine richtig zusammen zu setzen; dies hat Bramah auf die glücklichste Weise erreicht.

Ein wagerechtes eisernes Rad, von etwa 3 Metern Durchmesser, ist fest mit seiner Achse verbunden durch Querhölzer und durch vier eiserne Zugbänder, die um 45 Grade geneigt sind. Dieses arbeitende Rad ist in 32 gleiche Theile getheilt. Auf jedem Theilungspunkte befindet sich ein Loch, durch welches der Stiel einer Schneide geht. Die Schneiden sind gebogen wie kreisförmige Halbcylinder, deren Achse einen Winkel von 30 Graden mit dem Horizont macht. Es sind schiefe, sehr starke Hohlmeißel.

Auf jeder Seite des arbeitenden Rades hat man einen langen Wagen (Schlitten) angebracht, dessen gleichlaufende Wände wagerecht das Stück Holz tragen, das man ebnen will: dieses Stück wird stark an die Wände befestigt durch Druckschrauben.

Nicht alle Hohlmeißel sind so gestellt, daß sie in das Holz einen Einschnitt von gleicher Tiefe machen. Man muß sich deren allemal 5 oder 6 zusammengestellt denken; so daß die erste Gruppe von 5 oder 6, welche von der Umdrehungsachse am weitesten entfernt ist, den Einschnitt macht, der die geringste Tiefe hat; die zweite, die jener Achse ein wenig näher liegt, macht einen Einschnitt, der etwas tiefer geht; die dritte einen noch tiefern, und so ferner. Diese Anordnung hat den Vortheil, daß im Nothfall bis auf zwei Centimeter Holz können weggenommen werden in den Theilen, die auf der zu ebnenden Oberfläche am weitesten hervorragen.

Haben die 32 Hohlmeißel ihren Umlauf gemacht, so haben die 32 Furchen, die sie auf dem zu ebnenden Holze gezogen

haben, im Ganzen zur Breite einen Raum gleich der Größe, um welche der Wagen während eines Radumlaufes vorgerückt ist. Ist also die Bewegung des Rades sehr schnell, und die des Wagens sehr langsam, so werden die 32 Furchen in einem ziemlich kleinen Raum zusammengedrängt seyn, sie werden den Anblick einer beinahe ebenen Fläche darstellen.

Um sie zu ebnen und ihr die Politur zu geben, die sie fertig machen soll, ist ein Hobel auf dem Umkreis des arbeitenden Rades befestigt. Haben alle Hohlmeißel ihre sehr schmalen Furchen gezogen, so wird alles das, was über die niedrigsten Furchen hervorsteht, weggenommen durch einen Hobelstoß. Diese Wirkung ist dem Blicke bemerkbar; jede krumme Schneide, wenn sie über das Holz weggeht, wirft durch die Wirkung der Centrifugalkraft gleichsam einen Fächer von Staub und kleinen Spänen fort; die Furchen auf dem Holze werden immer vervielfältigt; dann kommt der Hobel dazu, der sie in einem Augenblicke verschwinden macht, und nun eine Fläche darstellt, die mit geometrischer Vollkommenheit abgeglättet ist.

Hätte das arbeitende Rad, das drei Meter Durchmesser hat, nicht eine äußerst genaue Bewegung, so müßten die Höbel bald tiefer graben als die Schneiden, und einen ungeheuern Widerstand erleiden, bald über die Furchen weggehn, ohne die Erhabenheiten derselben wegzunehmen. So würde das Stück Holz, nachdem es bearbeitet wäre, noch ganz gestreifte Höhlungen und Erhabenheiten darstellen; man müßte es also eben machen, durch die gewöhnlichen Mittel.

Die Achse des arbeitenden Rades dreht sich in zwei hohlen, unbeweglich festgemachten Cylindern, wovon der eine im Boden, der andere unter der Decke des Gebäudes angebracht ist. Diese Achse ragt ein wenig über die obere Einfügung hinaus; dort ist ihr Obertheil beschwert mit einem Hebel, der seinen Stützpunkt an einem Ende hat, und am andern ein Gewicht trägt, um auf diese Achse einen be-

stimmten Druck hervorzubringen. Die Schneiden sind so mit einem Gewichte beschwert, das im Stande ist, sie den Widerstand des Holzes überwinden zu machen, welches sie aushöhlen. Nun da die Tiefe der Furchen das Ergebniß eines Gleichgewichtes ist zwischen dem beständig gleichen Druck der Schneiden und dem veränderlichen Widerstand der noch unbearbeiteten Oberfläche des Holzes, so kann diese Tiefe etwas geringer seyn bei dem ersten Durchgang der Schneiden, welche bei ihrer Wiederkehr vollends die zu hervorspringenden oder zu harten Theile wegschneiden; hierdurch vermeidet man, die Schneiden zu zersprengen, oder sie auszubrechen. (1)

Oft muß man Hölzer eben machen, deren Dicken sehr verschieden sind, indeß die Höhe des Wagens, so wie die Lage der Falzen, in welchen er läuft, beständig dieselbe bleibt: also muß die Ebene der Schneiden sich der obern Ebene des Wagens nähern, oder von ihr entfernen, um eine Größe gleich der Dicke jedes zu bearbeitenden Stückes. Dies bewirkt die Wasserpresse.

Die Achse des mit Schneiden besetzten Rades dreht sich in einem kegelförmigen Loch über einem Stämpel, der selbst in dem Cylinder einer Wasserpresse ist. Läßt man Wasser in diesen Cylinder ein, so erhebt er die Achse des Rades, und mit ihr die wagerechte Ebene der Schneiden, mit welchen es besetzt ist; die entgegengesetzte Wirkung hat Statt, wenn man jenes Wasser abfließen läßt. Ein Anzeiger, der längs an einer Stufenleiter hingleitet, auf einem der Strebepfosten neben dem Rade, zeigt die Dicken der auszuarbei-

---

(1) Darum, anstatt daß die Schneiden der zwei und dreißig Hohlmeißel nur eine regelmäßige Reihe bilden, die durch eine unmerkliche Abstufung von dem höchsten und von der Achse entferntesten Stande an bis zum niedrigsten und der Achse am nächsten liegenden gienge, bilden sie fünf bis sechs verschiedene Reihen, wovon die einen vollenden, was die andern nur unvollkommen hatten anfangen können.

tenden Stücke an, welche die verschiedenen Erhebungen des Rades erfordern. Folglich, wenn man zu rechter Zeit den Hahn öffnet und schließt, der das Wasser der Wasserpresse ein- oder ausläßt, so kann man das Rad in die Lage bringen, die es haben muß für die Arbeit, welche es verrichten soll.

Ich habe gesagt, es seien zwei ähnliche Wägen, einer auf jeder Seite der Achse; sie rücken vorwärts nach entgegengesetzten Seiten. Wenn die Wägen mit einander arbeiten, so können sie nur für Hölzer von gleicher Dicke dienen; wenn man nicht unter den dünnern Unterlagen anbringt. Aber man pflegt die ähnlichen Stücke der Laffetten von gleichem Kaliber mit einander zu ebnen. Die zu bearbeitenden Holzstücke werden auf den Wägen festgehalten durch Druckschrauben (Stellschrauben).

Nicht nur wird die Höhe des arbeitenden Rades bestimmt vermittelst einer Wasserpresse, sondern auch die Vor- und Rückwärtsbewegung der Wägen geschieht durch die Gewalt einer ähnlichen Presse. Eine Kette ohne Ende läuft in die beiden Falzen, worin die Wägen laufen, geht durch eine ihrer Wände, wo sie festgemacht werden kann durch einen eisernen Backen, den man öffnet oder schließt vermittelst einer Schraube, deren Kopf seitwärts über die Wand herausragt.

Sollen die beiden Wägen zugleich von der Kette ohne Ende gezogen werden, so verbinden die beiden Backen dieselben mit dieser Kette; will man nur noch einen Wagen gehen machen, so öffnet man den Backen, der den andern an die Kette festmacht. Diese Kette läuft auf einer Seite zurück auf ein großes, wagerechtes Rad, welches auf seiner Achse ein gezahntes, zwei oder dreimal kleineres Rad trägt. (1)

---

(1) Da die Kette ohne Ende mehr oder weniger locker werden, sich verlängern könnte durch den Gebrauch oder durch die Wirkung der Hitze, u. s. w., und da sie alsdann die Wägen nicht mehr könnte gehen machen,

Der arbeitende Stämpel einer Wasserpresse ist besetzt mit einer gezahnten Stange, die man in eine wagerechte Ebene bringt, und die in das kleine gezahnte Rad eingreift, von welchem wir so eben gesprochen haben. Läßt man Wasser in den arbeitenden Cylinder, so erhebt dies den Stämpel. Die gezahnte Stange treibt das Rad um, welches die Kette ohne Ende trägt, und die beiden Wägen bewegen sich mit einer gleichen Bewegung, der eine gegen der Presse zu, der andre von derselben weg.

Die gezahnte Stange trägt an dem Ende gegen dem Stämpel und dem Cylinder über, einen zweiten Stämpel, der in einen zweiten Cylinder geht, dessen entgegengesetzte Wirkung die Wägen zurücktreibt. Der zweite Cylinder ist von kleinerm Durchmesser als der erste. Daraus folgt bei übrigens gleichen Umständen, daß das Zurückfahren der Wägen viel schneller geschieht, als das Vorrücken; dies soll so seyn, weil bei dem Zurückfahren, da die Schneiden nicht arbeiten, man nur Reibungen zu überwinden hat.

Da die Geschwindigkeit des mit Schneiden besetzten Rades als beständig gleich angenommen wird, so werden die Schneiden desto mehr zu arbeiten haben, je breiter und dicker die zu bearbeitenden Holzstücke sind, und je mehr man bei dem Ebnen ihre Dicke vermindern soll. Um die Gewalt der Schneiden beständig gleich zu machen, muß man also den Gang der Wägen mehr oder minder beschleunigen, nach den Ausdeh-

---

so ist es nöthig, sie in einer hinlänglichen und immer gleichen Anspannung zu erhalten, am Ende der Falzen, worin die Wägen laufen, dem Räderwerk gegenüber, welches die Kette in Bewegung setzt. Sie geht über die Rinnen von drei Rollenrädchen, deren eines gerade in der Linie von jeder Falze, das dritte aber mitten dazwischen angebracht ist. Die beiden ersten haben unbewegliche Achsen; die des dritten aber ist beweglich und wird mehr oder weniger vorwärts gerückt durch eine Mikrometerschraube. Diese artige Verbindung wird äußerst einfach bei dem bloßen Anschauen der Figur. Siehe Militärmacht; Reisen in Großbrittannien.

nungen und der Beschaffenheit des Holzes, das man ebnen soll.

Ein Hahn läßt in den Cylinder der Wasserpresse eine mehr oder weniger große Menge Wasser einfließen. Dies ändert um soviel die Geschwindigkeit der Wägen ab in ihren vorrückenden Bewegungen. Der Handgriff jedes Hahns hat die Gestalt eines Zeigers und dreht sich auf einem mit Graden bezeichneten Kreise. Ist der Hahn völlig geschlossen, dann dient alles durch die Einspritzungspumpe aufgesaugte Wasser dazu, die Wägen vor- oder rückwärts zu schieben; dies bringt das **Maximum** der Geschwindigkeit hervor. Ist der Hahn völlig offen, so fließt das durch die Pumpe erhobene Wasser ganz in den Behälter aus, und die Geschwindigkeit ist Null. Ein ähnlicher Hahn, nebst Zeiger und Zifferblatt ist an der Leitröhre befestigt, die das zum Zurückfahren der Wägen nöthige Wasser liefert.

Der erste Beweger der ganzen Verbindung ist eine Dampfmaschine von der Kraft von sechs Pferden.

An der Mauer, welche die Räume trennt, die durch die Dampfmaschine und die Maschine zum Ebnen des Holzes besetzt sind, faßt eine wagerechte eiserne Stange, die an einem Ende ein kreisförmiges Loch hat, einen erhabenen Kreis von gleichem Durchmesser. Dieser Kreis ist excentrisch (auf einem andern Mittelpunkt) befestigt auf der wagerechten Achse, die unmittelbar durch die Dampfpumpen in Bewegung gesetzt wird. Das andre Ende der Stange ist durch einen Bolzen mit dem ersten Arm eines gebogenen Hebels verbunden, dessen zweiter Arm den Stämpel einer Saug- und Druckpumpe in Bewegung setzt. Um genauer zu sprechen: Es sind zwei Pumpen, die mit einander getrieben werden durch diese Bewegung; deren stärkste zu den wagerechten Bewegungen der Wägen dient, die andre zu den lothrechten Bewegungen des mit Schneiden besetzten Rades. So sind die Einspritzungspumpen der Wasserpressen.

Man muß aus dieser Erklärung sehn, daß jeder Umlauf der wagerechten Achse einen Umlauf der lothrechten bewirkt, indem man die gezahnten Räder als gleich annimmt, welche die Bewegung der einen von ihnen auf die andre fortpflanzen. In der nämlichen Zeit erhebt und senkt die wagerechte Stange Einmal den Einspritzungsstämpel, der die Wägen in Bewegung setzt. Die Menge des in die Wasserpresse eingespritzten Wassers ist also im Verhältniß zu dem Raum, den die Schneiden des arbeitenden Rades durchlaufen. Also, wie groß auch die Geschwindigkeit der Dampfmaschine seyn mag, welche die bewegende Kraft liefert, so haben die von den Schneiden gezogenen Furchen die nämliche Breite, so lang der Zeiger, der den Gang der Wägen feststellt, im nämlichen Punkt auf dem Zifferblatte bleibt.

Die Maschine, die wir so eben beschrieben haben, ist sehr einfach und leicht zu unterhalten in allen ihren Theilen. Ein kleiner Keil oder eine Schraube reichen hin, um jedes schneidende Werkzeug wegzunehmen oder wieder einzusetzen, das man unabhängig von den andern schleifen oder verwechseln kann. Nur zwei sehr einfache Ineinandergreifungszeuge sind da, die nicht sehr ermüden. Doch muß man, wenn man das mit Schneiden besetzte Rad will arbeiten machen, sorgfältig es zuerst mit der Hand in Bewegung setzen, ehe es durch das gezahnte Rad, das seine Achse trägt, eingreift in das der wagerechten bewegenden Achse; denn bei der großen Trägheitskraft, die das mit Schneiden besetzte Rad hat, wenn es plötzlich die sehr schnelle, von der Dampfmaschine mitgetheilte Bewegung empfienge, so müßten die Zähne des Eingreifungsrades im ersten Augenblick einen ungeheuern Widerstand ertragen, und müßten durch eine so heftige Gewalt bald zerstört werden. Deßwegen sorgt man dafür, das mit Schneiden besetzte Rad sanft mit der Hand in Bewegung zu setzen, damit es im Augenblick des Eingreifens einen minder großen und minder plötzlichen Zusatz von Geschwindigkeit erhalte.

Diese Maschine ist ohne Zweifel kostspielig, was den ersten Ankauf betrifft; aber wenn man den wenigen Unterhalt betrachtet, den sie erfordert, und die merkwürdige Schnelligkeit, mit welcher sie die längsten Arbeiten verrichtet, so begreift man wohl, daß es doch noch ersparend ist, sie zu gebrauchen. Man muß im Nothfall unermeßliche Ergebnisse hervorbringen mit Hilfe eines Werkzeuges, das vollkommen genau, in einer oder zwei Minuten, jede Wand einer Laffete vom größten Kaliber eben machen kann, wenn man sich auch die Wand unbearbeitet denkt, und so wie sie aus der Sägemühle kam.

Wasserpresse zum Bohren der Metalle. Im Zeughause von Woolwich dient eine kleine Wasserpresse zum Bohren der Metalle. Eine Dampfmaschine setzt den lothrechtgehaltenen und abwärtsgekehrten Bohrer in Bewegung. Mit einer Hand legt der Arbeiter unter den Bohrer und auf die Tragplatte der Wasserpresse das Stück Metall, in welches er ein mehr oder weniger tiefes Loch bohren will; dann wirkt er mit der andern Hand auf den Hebel an der Einspritzungspumpe der Presse, und ordnet die Bewegung so, daß das Stück Metall sich dem Bohrer nähert, so wie dies Werkzeug arbeitet.

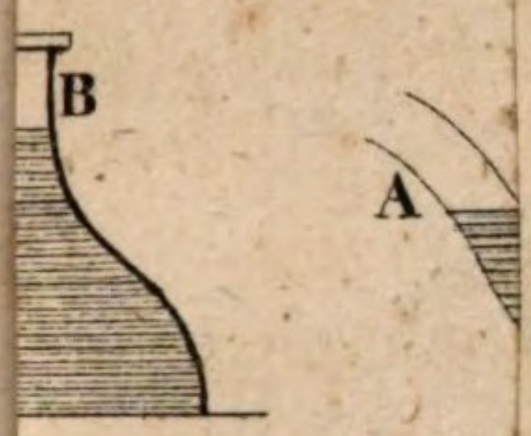
Wasserpresse, angewandt auf die Verfertigung des Pulvers. Man weiß, daß die chemische Mischung, aus welcher das Schießpulver gebildet wird, eine sehr große Zusammenpressung erfordert, um das Pulver dichter und stärker zu machen. Bramah's Erfindung fand also hier die natürlichste, und ich kann hinzusetzen die vortheilhafteste Anwendung. Der Mechanismus der neuen Presse ist im Grund derselbe, wie jener der Fig. 15 und 16. Aber die Einspritzungspumpe, zu welcher man die Arbeiter stellt, die das Zusammenpressen des Pulvers bewirken, ist getrennt von dem arbeitenden Cylinder und von der Platte auf welcher das Pulver gepreßt wird, durch eine dicke Mauer, die, im Fall das Pulver Feuer fienge, die bei der Pumpe gebrauchten Menschen

schützen kann. Die Leitröhre, welche das Wasser von der Einspritzungspumpe in den arbeitenden Cylinder leitet, geht unter der Mauer durch, die eben ist, und die ich vorschlagen würde in Gestalt eines Cylinders zu bauen, der zur Achse die der Einspritzungspumpe selbst hätte.

Der rohe Stoff des Pulvers, den man zusammenpressen soll, wird in eine hölzerne, rechtwinklige Kiste geschüttet, die inwendig mit Blei gefüttert und festgemacht ist durch Beschläge von Kupfer; das Obertheil kann man wegnehmen. Die lange, lothrechte Seite, die das Vordertheil der Kiste bildet, kann auch nach Belieben weggenommen und wieder eingesetzt werden; sie wird gehalten durch kupferne Querstangen und Vorsteckstifte.

Die Kiste kann ungefähr 150 Kilogramme Pulver enthalten. Statt das Pulver in Masse zu pressen, theilen es die Engländer, nach dem Beispiel der Franzosen, in ziemlich dünne Lagen, die sie trennen durch Kupferplatten, die wagerecht gelegt werden. Durch dies Mittel ist die Zusammenpressung leichter und vollständiger, und das Pulver, einmal zusammengepreßt, bricht und körnt sich leichter und gleichmäßiger. Will man die Kiste auf die Platte der Presse stellen, so rückt man an diese Platte ein kleines Gerüste, das eine Ebene darstellt so hoch als die Platte, die alsdann so tief als möglich steht: auf jeder Seite befindet sich auf dieser Ebene eine erhabene Leiste, ziemlich ähnlich den Geleisen der Eisenbahnen; die beiden Leisten verlängern sich bis auf die Tragplatte der Presse. Unter der Kiste passen zwei hohle Falzen oder Röllchen mit hohler Rinne in die erhabenen Leisten ein. Ist die Kiste leer auf die Ebene gestellt, so füllt man sie, legt ihren rechteckigen Deckel darüber, und schiebt sie so bis auf die Tragplatte. Dann zieht man das Gerüste weg, welches die Ebene trägt. Das obere Querstück des Gestells der Presse stellt unten ein starkes, erhabenes Stück Holz dar, das etwas weniger breit ist als der Deckel der Kiste.

Setzt man nun die Einspritzungspumpe in Bewegung, so erhebt sich die Platte und zwingt die Kiste, sich auch zu erheben; bald stößt der Deckel der Kiste an das unbewegliche, starke Stück Holz. Dann wird dieser Deckel gleichfalls unbeweglich. Damit nun die Kiste, die immer durch die Tragplatte aufwärts gestoßen wird, noch weiter steigen könne, muß der Deckel sich einsenken und das Pulver pressen, das er bedeckt, indem er es zwingt, einen immer weniger beträchtlichen Umfang anzunehmen.



3.

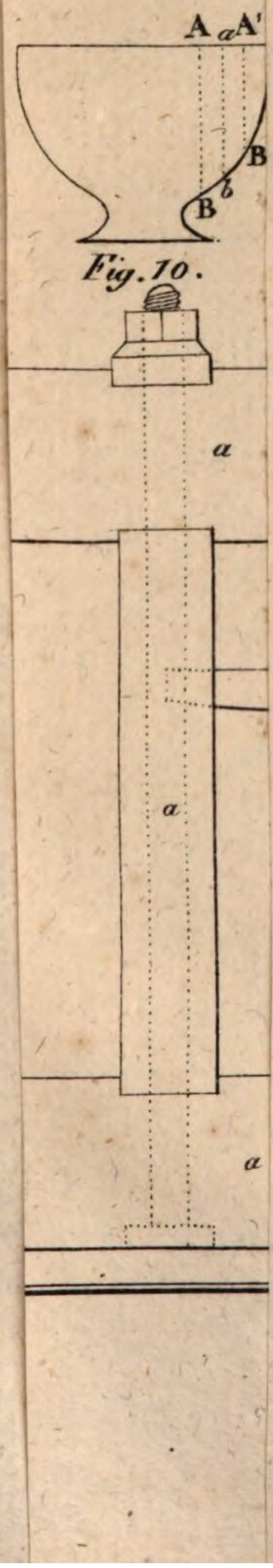


Fig. 10.

Siebente Vorlesung.

Gleichgewicht schwimmender Körper; spezifische Schweren; Abfließen der Flüssigkeiten.

Wenn feste Körper auf eine Flüssigkeit gelegt werden, so bleiben die einen auf der Oberfläche, theils eingetaucht, theils über die Flüssigkeit herausragend; andre behalten eine mittlere Lage, indem sie weder bis auf den Grund sinken, noch bis zur Oberfläche der Flüssigkeit sich erheben; noch andre sinken bis zu Grunde. Wir müssen untersuchen, worauf diese verschiedenen Gleichgewichtslagen gegründet sind.

Zuerst wollen wir den ersten Fall betrachten, welcher der wichtigste ist.

Denken wir uns eine Masse von ruhiger Flüssigkeit in einem Behälter ABCD, Fig. 1, Tafel II. Stellen wir uns vor, ein beliebiger Theil *mnpq* dieser Flüssigkeit gefriere plötzlich, ohne an Gewicht oder Umfang zu- oder abzunehmen, so wird nichts im Gleichgewichtsstande verändert seyn. Ferner wird nach der Gleichheit, die immer zwischen der Wirkung und Gegenwirkung besteht, der flüssig gebliebene Theil den festgewordenen aufwärts drücken mit einer Kraft, gleich dem Gewichte dieses festgewordenen Theils *mnpq* selbst.

Nun wollen wir an die Stelle von *mnpq* einen festen Körper setzen, der dieselbe äußere Gestalt und das nämliche Gewicht hat wie *mnpq*, und die nöthige Bedingung erforschen, damit dieser Körper in seiner Lage im Gleichgewicht bleibe.

Es sey G der Schwerpunkt der durch den schwimmenden Körper aus der Stelle getriebenen Flüssigkeit. Wenn der an die Stelle der Flüssigkeit *mnpq* gesetzte Körper auch seinen Schwerpunkt in G hätte, so ist klar, daß die lothrechten Drückungen der äußern Flüssigkeit eben so dem Gewicht der Flüssigkeit *mnpq* vor ihrer Verrückung das Gleichgewicht halten würden, wie dem Gewichte des Körpers *mnpq*, der an die Stelle der Flüssigkeit *mnpq* getreten ist.

Wenn der Schwerpunkt des Körpers *mnpq*, statt in G zu bleiben, senkrecht über den Punkt G stiege oder darunter sänke, so ist es klar, daß der aufwärts gehende Rückstoß der äußern Flüssigkeit sich immer auf der nämlichen lothrechten Linie befinden müßte und gerade dem Gewicht des Körpers entgegengesetzt; es fände also immer Gleichgewicht Statt.

Daraus ziehen wir nachstehende erste Folgerung: Ein auf oder in einer Flüssigkeit schwimmender Körper ist im Gleichgewicht: 1) wenn das Gewicht des Körpers gleich ist dem Gewicht der Flüssigkeit, die er aus ihrer Stelle treibt; 2) wenn der Schwerpunkt des festen Körpers, und der des Wassers, das der Körper wegtreibt, auf der nämlichen lothrechten Linie liegen.

Nun nehmen wir an, das Gewicht des Körpers seye genau gleich dem Gewicht einer der seinigen gleichen Masse von Flüssigkeit. Man kann den Körper so in diese Flüssigkeit tauchen, daß sein höchster Punkt an der Oberfläche der Flüssigkeit streife; oder man kann ihn zu verschiedenen Tiefen einsenken. Sobald man diesen Körper und die umgebende Flüssigkeit in Ruhe gelassen hat, kann man den Körper sich selbst überlassen; er wird unter dem Wasser hinschwimmend bleiben in der Lage, die er angenommen hat.

Ist aber der Körper leichter als eine gleichgroße Masse von Flüssigkeit, dann wird der Druck des ihn umgebenden Wassers ihn aufwärts treiben mit einer Kraft, gleich dem

Unterschiede des Gewichtes der weggetriebenen Flüssigkeit und des festen Körpers. Dieser Körper wird also steigen und sich zum Theil über die Flüssigkeit hervorheben, bis der Umfang des eingetauchten Theils ein Gewicht von Flüssigkeit vorstellt, gleich dem Gewichte dieses Körpers.

Gehn wir endlich zum dritten Fall über, zu dem nämlich, wo der feste Körper schwerer ist, als eine gleichgroße Masse von Flüssigkeit. In diesem Fall, selbst wenn man sich den Körper ganz in die Flüssigkeit eingetaucht denkt, ist der Druck, den er vermöge seiner Schwere abwärts ausübt, größer als die Rückwirkung, welche die Flüssigkeit aufwärts äußert; folglich muß der Körper der vorherrschenden Wirkung seiner Schwere gehorchen und bis auf den Grund der Flüssigkeit hinabsinken, wenn diese Flüssigkeit überall gleich schwer ist.

Diese ersten Ergebnisse sind fruchtbar an Folgerungen. Wenn man in eine Flüssigkeit, in das Wasser zum Beispiel, sehr leichte Körper wirft, so kann die Wurfkraft wohl einige Augenblicke lang diese Körper unter die Oberfläche des Wassers sinken machen; bald nachher aber siegt der Rückstoß des Wassers; diese Körper kommen auf die Oberfläche desselben zurück und schwimmen oben. Dann bleibt nur ein Theil unter dem Wasser, dessen Umfang, mit Wasser gefüllt, streng genau ihr eignes Gewicht vorstellen würde.

Haben die Körper genau, oder doch bis auf sehr Weniges, das Gewicht der Masse Wassers, die sie von der Stelle treiben, so bleiben sie unter dem Wasser schwimmend, wie manche geflößte Holzarten, die weder leicht genug sind, um sich zum Theil herauszuheben, noch schwer genug, um zu sinken und auf dem Grunde des Wassers liegen zu bleiben. Endlich, wenn die Körper merklich schwerer sind als das Wasser, so sinken sie von selbst bis auf den Grund desselben; dies bemerkt man, wenn man eine bleierne oder eiserne Kugel ins Wasser fallen läßt.

Folglich könnte ein Körper, dessen Gewicht beständig gleich wäre, der aber die Eigenschaft hätte, seinen Umfang vergrö=ßern oder verkleinern zu können, nach Belieben unter dem Wasser bleiben, auf die Oberfläche kommen oder zu Grunde sinken, indem er diesen Umfang so einrichtete, daß die Menge von Flüssigkeit, die er wegtreibt, gerade so viel, oder weni=ger, oder mehr wöge, als dieser Körper selbst.

Dies ist die Eigenschaft, welche die Fische besitzen. Die Natur gab ihnen Mittel im Wasser zu leben, in allen Tiefen, und leicht dahin zu gelangen. Sie gab ihnen einen Luft=behälter, mit einem elastischen Häutchen umgeben, das, bald sich ausdehnend und bald sich zusammenziehend, den Umfang des Fisches vergrößert oder verkleinert. Will sich dieses Thier erheben, so darf es nur die Muskeln losspannen, die seine Blase zusammendrücken; sogleich wird sein Umfang größer, ohne daß sich das Gewicht vermehrt, und die bloße Rückwirkung der umgebenden Flüssigkeit hebt es gegen die Oberfläche der Wasser. Will hingegen der Fisch auf den Grund sinken, so setzt er die Muskeln in Thätigkeit, die seine Blase zusammendrücken, erhält nun einen kleinern Umfang und sinkt durch die Wirkung seiner eignen Schwere; endlich, wenn er in die Tiefe kömmt, die er für seine Sicherheit und seine thie=rischen Verrichtungen tauglich findet, bläs't er seine Blase stark genug auf um ein Gewicht zu erlangen, das genau dem des Wassers gleich ist, welches er aus der Stelle treibt, und dort bleibt er nun ruhig.

Denken wir uns nun, man gebe uns auf, ein Schiff zu bauen, das nicht versinken könne. Dies Schiff müßte doch noch oben schwimmen, wenn man sich auch alle Theile des=selben, wo das Wasser eindringen kann, mit Wasser gefüllt vorstellt. Dies kann man zum Beispiel erreichen, wenn man solche Schiffe aus sehr leichten Materialien baut, wie aus gewissen weichen Holzarten und besonders Korkholz; so daß,

wenn man den ganzen Raum mit Wasser füllte, den die gebrauchten Materialien einnehmen, dieses Wasser ein größeres Gewicht gäbe, als das des Schiffes ist: dann ist es klar, daß man das Innere des Schiffes umsonst mit Wasser füllen würde. Da dieses Wasser nicht mehr wägen würde als jenes, das von ihm aus der Stelle getrieben wird, so müßte immer der angenommene Unterschied bleiben zwischen dem Gewicht der leichten Stoffe, aus welchen das Schiff erbaut ist, und dem Gewicht einer gleichgroßen Masse Wassers: folglich müßte das Schiff wieder oben schwimmen; es könnte wirklich nicht untersinken. Nach diesem Grundsatze hat man sogenannte Rettungsboote erbaut, um die Mannschaft von den Schiffen zu retten, die in der Nähe der Seehäfen Schiffbruch leiden. Leider kann diese Art von Bauten nicht taugen zu Schiffen, die bestimmt sind, viele Menschen, Waffen und Waaren zu tragen, die geringen Umfang haben, aber sehr schwer sind; also muß man seine Zuflucht zu andern Mitteln nehmen, um sie vor den gewöhnlichsten Unfällen der Schiffbrüche zu schützen.

Eine der schönsten Anwendungen, die der menschliche Geist zu machen gewußt hat von der Eigenschaft, welche die Flüssigkeiten haben, feste Körper zu tragen, die man auf ihre Oberfläche legt, ist die der kleinern und größern Schiffe, die man auf fließenden Wassern, auf Seen und Meeren braucht, um Menschen und Erzeugnisse des Kunstfleißes nach sehr großen Entfernungen, in sehr kurzer Zeit zu bringen, und mit Hilfe nur weniger Arme.

Die Schiffe sind feste, hohle Körper, deren Gesammtgewicht geringer ist, als ihre Masse, wenn man sie sich ganz mit Wasser gefüllt denkt. Folglich, wenn man ein Schiff auf die Oberfläche des Wassers stellt, muß es oben schwimmen.

Wir nennen Kiel (Gewand), den Theil des Schiffes, der

sich unter der wagerechten Ebene der Wasserfläche befindet; diese Ebene selbst heißt die Wasserebene: endlich nennen wir Wasserlinie, den Umfang, der auf der äußern Fläche des Schiffes gezeichnet wird durch die Wasserebene, oder die Oberfläche des Wassers.

Nach den eben vorgetragenen Grundsätzen in Hinsicht auf das Gleichgewicht schwimmender Körper, kann ein Schiff, das auf dem Wasser schwimmt, nicht darauf im Gleichgewicht bleiben, wenn nicht folgende Bedingungen erfüllt sind:

1) Der Kiel, dessen Umfang die Masse Wassers vorstellt, die durch das Schiff aus ihrer Stelle getrieben wird, muß so seyn, daß das Gewicht einer gleichgroßen Wassermasse genau gleich ist dem Gesammtgewichte des Schiffes.

2) Der Schwerpunkt des Kiels, wenn man sich ihn ganz mit Wasser gefüllt denkt, und der Schwerpunkt des Schiffes, müssen auf der nämlichen lothrechten Linie liegen.

Es ist nicht genug, daß das Schiff, welches fahren soll, auf einem vollkommen ruhigen Wasser in eine einzige Lage gestellt, darin augenblicklich im Gleichgewicht seye; tausend zufällige Ursachen werden jeden Augenblick diesen Zustand stören. Die Menschen, welche das Schiff bemannen und zur Richtung seines Laufes dienen, werden oft von einem Bord zum andern, und von vorn nach hinten gehn; nun wird jede ihrer Bewegungen den Zustand des ursprünglichen Gleichgewichts zerstören. Der geringste Wind, welcher die vollkommne Fläche des Wassers beunruhigen und gegen den oben schwimmenden Theil des Schiffes wehen wird, muß andre störende Ursachen herbeiführen.

Also muß nicht nur das Schiff zu einer gewissen Gleichgewichtslage auf dem Wasser fähig seyn, sondern es muß, wenn man sich auch diese Richtung durch eine beliebige zufällige Ursache etwas gestört denkt, dennoch im Gleichgewicht

bleiben, oder wenigstens streben, seine erste Lage wieder zu gewinnen, und wirklich sie wieder annehmen.

Es sey also Fig. 2 das Schiff, welches in seiner ersten Gleichgewichtslage in Ruhe ist auf dem Wasser MN. Es sey C der Schwerpunkt des Kiels MON, und G der Schwerpunkt des Schiffes. Die beiden Schwerpunkte müssen auf der nämlichen lothrechten Linie CG liegen, damit das Schiff auf dem Wasser im Gleichgewicht bleibe. Denken wir uns, es neige sich ein wenig, so daß A′D′, Fig. 3, die Wasserebene sey, statt AD, der ursprünglichen Wasserebene. Es ist sichtbar, daß nun der Kiel den Umfang DBD′ auf einer Seite von CGB gewonnen, und A′BA auf der andern Seite jener geraden Linie verloren haben muß. Also findet sich der Schwerpunkt des Kiels durch diese Veränderung versetzt nach der Seite von BDD′ hin, in einen gewissen Punkt C′.

Ziehen wir die lothrechte Linie C′M bis nach M hinauf, wo sie die gerade Linie CGB antrifft. Dieser Punkt M ist, was man das **Metacentrum des Schiffes** nennt.

Liegt der Schwerpunkt G des Schiffes genau im Punkt M, so besteht noch Gleichgewicht, und das Schiff bleibt im Gleichgewicht in seiner neuen Lage, wie es in der vorherigen darin blieb.

Ist aber der Schwerpunkt G des Schiffes unter dem Punkt M, dann hat man zwei Kräfte: eine, gleich dem Gewichte des Schiffes, die in G abwärts wirkt; die andre gleich diesem Gewicht, oder dem des aus der Stelle getriebenen Wassers, und die aufwärts wirkt. Diese beiden Kräfte wirken also mit einander, um den schwimmenden Körper von der linken nach der rechten Seite umzudrehen, wenn er von der rechten nach der linken zu geneigt ist, und umgekehrt; das heißt, dann strebt das Entgegenwirken beider Kräfte, das Schiff in seine ursprüngliche Lage zurückzubringen.

Also ist in diesem Falle das Gleichgewicht stätig, und man

kann sich auf das Schiff stellen, ohne zu fürchten unterzugehn durch die geringste Störung in der ursprünglichen Gleichgewichtslage.

Wenn aber der Schwerpunkt G, Fig. 4, über dem Punkt M wäre, dann würden die beiden Kräfte der Schwere des Schiffes und des Rückstoßes der Flüssigkeit wirken zum Umdrehen des Körpers in der nämlichen Richtung, wie die schon gegebene Neigung ist; das heißt, je mehr man das Schiff auf eine Seite neigen würde, desto mehr müßte es streben, sich auf diese Seite zu neigen. Folglich, wenn nicht besondere Anordnungen da sind, von denen wir nicht sprechen können, so würde das Schiff sich umdrehen, bis es umgestürzt wäre; dies ist was man **Umschlagen** nennt. In diesem Fall ist das Gleichgewicht unstätig.

Ehe die Theorie die Ingenieure bei dem Schiffbau aufgeklärt hatte über die Mittel, den Schiffen eine hinlängliche Stätigkeit zu geben, war es ziemlich häufig, Fahrzeuge zu sehn, welchen diese wichtige Eigenschaft ganz fehlte. Man sahe andre streben, in ihre erste Lage zurückzukommen, wenn sie nur eine leichte Störung erlitten; sobald aber die störende Kraft gewiße Grenzen überschritt, so war das Schiff, welches im Hafen stätig geschienen hatte, dies nicht mehr mitten auf der See und gegen die Gewalt heftiger Stürme: es schlug um mitten im Sturme, und das Schiff, so wie alle die es bemannten, wurden von den Wellen verschlungen. Heutzutage hat die Wissenschaft sichre Mittel gegeben, ähnlichen Unglücksfällen vorzubeugen.

Es ist schön zu sehn wie die Theorie dem Menschen zu Hilfe kommt und ihn schützt vor den Gefahren, welche alle praktische Erfahrung nicht kann vorhersehn lehren; bloß indem sie zu so großen Diensten einige wohlgewählte Maßregeln und einige Berechnungen von Anwendungen gebraucht.

Die Reichhaltigkeit der Gegenstände verhindert uns, hier

weitere Entwicklungen über die Theorie von der Stätigkeit der Schiffe zu geben; diese Theorie, in ihrer Gesammtheit betrachtet, gehört der transcendenten Geometrie an, und wir müssen das besondre Studium derselben den Offizieren des Seewesens und den Schiffbauern überlassen. Sie werden diese Theorie entwickelt finden in unsern Anwendungen der Geometrie und Mechanik, ein Band in 4.

Nachdem wir die Veränderungen des Umfangs schwimmender Körper betrachtet haben, ist es nöthig, die Beständigkeit oder die Veränderung des Umfangs der Flüssigkeiten zu betrachten, in welchen diese Körper schwimmen.

Es giebt Flüssigkeiten, wie Wasser, Wein, Oele, Queckfilber, die, ungeachtet der Gewalt der mächtigsten Drückungen, nicht um eine merkliche Größe ihren Umfang vermindern, daher nennt man sie unpreßbare Flüssigkeiten. Doch geben diese Füssigkeiten, die der Wirkung der Kräfte zu spotten scheinen, welche der Mensch anwenden kann um ihren Umfang zu vergrößern oder zu verkleinern, der Kraft nach, welche auf alle Körper der Natur wirkt, und die man Wärme nennt.

So wie die Flüssigkeiten an Wärme zunehmen, vergrößert sich ihr Umfang. Setzt man an den nämlichen Ort mehrere Flüssigkeiten von verschiedener Natur, und unterwirft man sie den nämlichen Abwechslungen der Wärme, so ändern sich die Abwechslungen ihrer Umfänge nach Verhältnissen, die ungefähr beständig dieselben sind. Verlängert oder verkürzt sich, zum Beispiel, eine Wassersäule wie 1 und wie 2 durch die Wirkung zweier verschiedener Erwärmungen oder Erkältungen, so wird sich eine andre Säule von Queckfilber, Oel, Weingeist, u. s. f. in diesen beiden Fällen verlängern oder verkürzen um Größen, die beinahe zu einander im Verhältniß stehn werden :: 1 : 2.

Es ist also hinlänglich, an einem beliebigen Orte die Ab-

wechslungen zu beobachten, welche der Wärmegrad in einer einzigen Flüssigkeit hervorbringt, um das Verhältniß der Abwechslungen zu kennen, die derselbe Wärmegrad in allen andern Flüssigkeiten bewirkt.

Diese Regelmäßigkeit in der Veränderung des Umfanges der Flüssigkeiten hat nur zwischen gewissen Grenzen Statt, innerhalb welcher, oder über welche hinaus diese Körper ihre Natur verändern.

Erkältet man tropfbare Flüssigkeiten bis zu einem gewissen Grade, so werden sie zu festen Körpern. So, wenn die Kälte streng wird, verwandelt sich das Wasser in Eis. Es erfordert eine viel geringere Kälte um das Oel fest, oder, wie man sich ausdrückt, um es gestehn zu machen; daher sehn wir auch im Winter auf unsern Tischen, daß das Oel im Oelgefässe gestanden ist, ungeachtet der Hitze des Zimmers, indeß doch das Wasser in der Flasche nicht gefroren ist.

Weingeist und Queckfilber sind noch schwerer zum Gefrieren zu bringen, als Oele und reines Wasser. Folglich hat jede Flüssigkeit ihren besondern Gefriergrad, der aber immer derselbe bleibt. Ueber diesen Grad hinaus hört der Körper auf, den Gesetzen der Flüssigkeit zu folgen, und wird ein fester Körper.

Wenn wir, statt die Flüssigkeiten zu erkälten, sie erwärmen und ihren Wärmegrad immer mehr erhöhen, so werden sie bald eine Grenze erreichen, wo die Theilchen sich von einander trennen und in den Zustand des Dampfes oder Gases (Luftform, Luftart) übergehen, also luftähnliche Körper werden; dann sind sie luftförmige Flüssigkeiten.

Dies geschieht, zum Beispiel, wenn man Wasser so stark erhitzt, daß es siedet. Das Sieden ist nichts anders als die plötzliche Vermehrung des Umfangs der Wassertheilchen, die aus dem tropfbarflüssigen in den luftartigen Zustand übergehen. Diese Vermehrung ist so groß, daß das Wasser 1700

Mal mehr Raum einnimmt, wenn es in den Zustand von Dampf oder Gas versetzt ist, als da es im tropfbarflüssigen Zustande war.

Man kann eben so die andern Flüssigkeiten in den Zustand von Dampf oder Gas versetzen, aber mit einem besondern Wärmegrad. Man braucht weniger Wärme um Aether und Weingeist, als um Wasser in Dämpfe zu verwandeln; aber man braucht mehr zum Verdampfen des Queckſilbers.

Dennoch braucht man immer denselben Wärmegrad um dieselbe Flüssigkeit in Dämpfe zu verwandeln.

Weil zwischen diesen beiden Zuständen des Gefrierens und des Verdampfens die Flüssigkeiten ungefähr verhältnißmäßige Abwechslungen erleiden, und weil der Wärmegrad, welcher das Gefrieren oder Verdampfen der nämlichen Flüssigkeit hervorbringt, unveränderlich ist, so kann man also den Unterschied zwischen dem Gefrieren und Verdampfen einer beliebigen Flüssigkeit, des Wassers zum Beispiel, nehmen, ihn in eine gewisse Anzahl gleicher Theile zertheilen, und diese Theile als vorstellende Einheit der Wärme betrachten.

Dies hat Reaumur gethan: er hat in achtzig gleiche Grade die Abwechslungen der Wärme getheilt, vom Gefrieren des Wassers an bis zu seiner Verdampfung.

Heutzutage, um eine bequemere Eintheilung anzunehmen, theilt man denselben Zwischenraum in hundert gleiche Grade; dies nennt man die hundertgradige Theilung.

Die Physik und die industriellen Künste verdanken einen Theil ihrer Fortschritte diesem so einfachen Gedanken, für die Wärme eine Maßeinheit zu suchen. Hätten die Alten das Mittel gekannt, die Wärme zu messen, so hätten sie uns die kostbarsten Kenntnisse mittheilen können über den Wärmegrad der Erde, und über viele Naturerscheinungen. Dies Beispiel ist eines von denen, die auf die auffallendste Weise

zeigen wie wichtig es ist, sich Mittel zu verschaffen, jede Kraft der Natur genau zu messen.

Kommen wir auf das Gleichgewicht der eigentlichen Flüssigkeiten zurück: eine Masse von Flüssigkeit, deren Theile alle einen gleichen Wärmegrad haben, stellt in jedem Punkt einerlei Gewicht für einen nämlichen Umfang dar. Sie hat überall die nämliche Dichtigkeit.

Vergleicht man miteinander verschiedene Körper von gleichem Umfang, so sind ihre Dichtigkeiten offenbar im Verhältniß zu ihren Gewichten.

Nun denken wir uns, ich nähme einen Kilogramm Wasser zu 5° Wärme, einen zu 10°, einen zu 20°, einen zu 30°, einen zu 60°, u. s. f., alle haben wohl das nämliche Gewicht; aber der erste hat weniger Umfang als der zweite, dieser weniger als der dritte, dieser weniger als der vierte, u. s. f.

Um diese Dichtigkeiten zu vergleichen mißt man, in diesen verschiedenen Zuständen, den Umfang eines Kilogramms Wasser. Ist der Wärmegrad so sehr erniedrigt, daß dieser Umfang der kleinste mögliche ist (1), dann ist die Masse Wasser, die einem Kubik-Decimeter gleich ist, genau das Maß, welches wir Liter nennen. Man nennt vergleichbares Wasser, das destillirte Wasser, welches so auf seinen geringsten Umfang gebracht worden ist.

Es ist wichtig, Mittel zu finden, um mit der Dichtigkeit des als Einheit genommenen Wassers die aller andern Körper zu vergleichen.

Wir haben gesagt, die Dichtigkeiten zweier Körper, die gleichen Umfang haben, seyen im Verhältniß zu ihren Ge-

---

(1) Nicht auf Null oder dem Grade der Eisschmelzung ist der Umfang des Wassers der kleinste mögliche, sondern auf etwas mehr als 3° über Null.

wichten; man nennt specifische Schweren, die verglichenen Schweren dieser Körper von gleichem Umfang.

Die Schwere des auf seinen geringsten Umfang gebrachten Wassers nimmt man zur Einheit der specifischen Schweren.

Also wenn man uns sagt, die specifische Schwere dieses Steins oder jenes Metalls werde vorgestellt durch die Zahlen 2, oder 3, oder 4, so bedeutet dies bloß, daß das Gewicht eines Kubik-Decimeters von diesem Körper gleich ist zweimal, dreimal, viermal dem Gewicht dieses Kubik-Decimeters von Wasser, der als Einheit der specifischen Schweren genommen wird.

Das Gleichgewicht schwimmender Körper wird uns das einfachste und vortheilhafteste Mittel von allen angeben, die man gebrauchen kann zur Bestimmung specifischer Schweren.

Bemerken wir zuerst, daß wenn man nicht das Gleichgewicht schwimmender Körper benützt, man keine specifischen Schweren bestimmen kann, ohne folgende Arbeiten zu verrichten; 1) mit einer vollkommenen Genauigkeit den Umfang V eines Körpers zu messen, dessen specifische Schwere man zu wissen verlangt; 2) eben so das Gewicht P dieses Körpers, im leeren Raum abgeschätzt. Es sei also $V = n$ Litern, $P = m$ Kilogrammen; so wird $\frac{m}{n}$ die Zahl seyn, welche die specifische Schwere vorstellt.

Aber wenn die Körper zusammengesetzte oder unregelmäßige Gestalten haben, so ist es sehr schwer und oft unmöglich, geometrisch genau den Umfang derselben zu messen; folglich kann man nicht hoffen, genau weder diesen Umfang noch die specifische Schwere zu kennen.

Wenn der Körper P, Fig. 5, ganz in die Flüssigkeit ABC eingetaucht, die auf ihren geringsten Umfang gebracht ist, darin schwebend bleibt, so ist sein Gewicht gleich dem der Masse Wasser, die er aus ihrer Stelle treibt. Also ist dann

sein Gewicht zu seinem Umfang, wie das Gewicht des weggetriebenen Wassers ist zu der Masse des nämlichen weggetriebenen Wassers. In diesem Fall ist die specifische Schwere des Körpers genau gleich der des Wassers, und wird vorgestellt durch die Zahl 1.

Muß der Körper P, Fig. 6, ohne Bewegung mitten in die Flüssigkeit gelegt, unterstützt werden durch eine Kraft F, um nicht auf den Grund des Wassers zu sinken, so beweist dies, daß er bei gleichem Umfange mehr wiegt, als das Wasser, welches er wegtreibt. Also ist dann seine specifische Schwere größer als 1.

Es ist leicht, den absoluten Werth dieser specifischen Schwere zu bestimmen.

Stellen wir durch V Liter die Anzahl von Litern vergleichbaren Wassers vor, die weggetrieben werden durch den Körper P, das heißt also, den Umfang dieses Körpers; V Kilogrammen wird das Gewicht des weggetriebenen Wassers seyn.

Es sey nun F die Kraft, die man anwenden muß, damit der Körper P nicht auf den Grund sinke.

Schon hat dieser Körper durch den Rückstoß des Wassers einen Theil seines Gewichtes verloren, der gleich ist dem des weggetriebenen Wassers, also = V Kilogrammen; also ist das Gewicht dieses Körpers, um V vermindert, noch gleich F: das Gesammtgewicht des im leeren Raum gewogenen Körpers ist also gleich V + F Kilogrammen.

Endlich, die specifische Schwere dieses Körpers ist gleich $\frac{V+F}{V}$.

Müßte man, statt den Körper P aufwärts zu ziehen mit der Kraft F, um ihn zu verhindern, daß er zu Grunde sinke, ihn mit der Kraft *f* hinabstoßen, damit er nicht an die Oberfläche des Wassers steige, so wäre das wirkliche Gewicht des

Körpers $V - f$ Kilogramme, und sein specifisches Gewicht wäre gleich $\frac{V-f}{V}$.

Um die Kraft F zu messen, gebraucht man ein sinnreiches Werkzeug, das man hydrostatische Wage nennt, Fig. 7.

Es ist eine Wage mit gewöhnlichen, gleichen Armen, und mit zwei kleinen Wagschalen, deren eine dazu dient, Gewichte aufzunehmen.

Unter jeder Wagschale ist ein kleiner Haken, an welchen man das Ende eines Pferdehaares befestigt, dessen anderes Ende an einen Körper geknüpft werden kann, dessen specifische Schwere man bestimmen will.

Die Schneiden des Wagebalkens ruhen auf zwei Stützen, die verbunden sind mit der lothrechten Stange einer kleinen Winde. Nachdem man die Kurbel dieser kleinen Winde rechts oder links dreht, macht man die Stange ab- oder aufwärts steigen, und mit ihr die Aufhängpunkte der Wage. Man kann also durch dies Mittel einen Körper *p* in ein Gefäß voll Wasser senken, das auf das Minimum seines Umfanges gebracht ist, und sehn, welches Gewicht F man in die Wagschale rechts, oder in die zur Linken legen müsse, um dem Körper *p*, den man in das Wasser taucht, das Gleichgewicht zu halten.

Muß man in die Wagschale, an welche man den Körper hängt, ein Gewicht F legen, so ist dieser Körper leichter als das Wasser, das er von seiner Stelle wegtreibt. Er ist hingegen schwerer, wenn man jenes Gewicht in die entgegengesetzte Wagschale legen muß.

Nun wollen wir den Körper *p* im leeren Raum wägen und V die Zahl von Kilogrammen nennen, die er wiegt, so werden wir unmittelbar haben: Specifische Schwere des gewogenen Körpers $= \frac{V+F}{V}$ oder $\frac{V-F}{V}$, je nach der Wagschale, in welche wir das Gewicht F gelegt haben.

Da es wichtig ist, diese Arbeiten mit äußerster Genauigkeit zu vollbringen, so zeigt eine Stufenleiter POQ und ein Zeiger CO an, ob die Wage vor und nach jeder Abwägung in ihrem natürlichen Gleichgewicht ist. Endlich, um den senkrechten Stand der ganzen Maschine zu sichern, wird die Wage getragen durch die Spitzen von drei Mikrometerschrauben, die dazu dienen, die zu niedrigen Seiten zu erheben, bis die Spitze eines an einem Faden hängenden Stückes Blei gerade auf einen Punkt kommt, der im Mittelpunkte der Grundfläche gezeichnet ist, welche durch die Mikrometerschrauben genau wagerecht gestellt wird.

Es giebt Körper, wie die salzigen Stoffe, die sich im Wasser auflösen, sobald sie in Berührung mit demselben kommen; es giebt andre, die es reichlich einschlucken. Dann wird die Kraft F, die nöthig ist um einen Körper im Wasser im Gleichgewicht zu halten, verstärkt durch das ganze Gewicht des eingeschluckten Wassers, und vermindert um allen Stoff, der aufgelöst und von dem umgebenden Wasser weggeführt worden ist.

In solchem Fall muß man die Körper in einer andern Flüssigkeit wägen, deren specifische Schwere bekannt ist, und die, wie Oel, Weingeist oder Queckſilber, keine Verwandtschaft hat mit dem festen Körper, dessen specifische Schwere man finden will.

Man gebraucht zum Messen der specifischen Schwere von kleinen Körpern ein sinnreiches Werkzeug, das man Nicholson verdankt.

A, Fig. 8, ist ein blecherner Cylinder; B ist eine Wagschale, die über dem Cylinder durch ein Stängchen festgemacht ist; S ist ein Eimer, dessen Handhabe unter dem Cylinder A eingehängt ist.

Um mit diesem Werkzeuge die specifische Schwere eines

Körpers C zu bestimmen, bringt man ihn auf die Wagschale B und legt genug Gewicht F dazu, damit das Ganze, in vergleichbares Wasser getaucht, so tief sinke, daß das Zeichen T an der Oberfläche des Wassers seye.

Man hat zum voraus gemessen, wie viel Gewicht V (ohne den Körper C) man auflegen müsse, um das Werkzeug so zu senken, daß das Zeichen T an der Oberfläche des Wassers seye.

Man hat also $V = P + F$ und $P = V - F$, wobei P das Gewicht des Körpers C ist.

Dann legt man den Körper C in den kleinen Eimer S, den man ins Wasser taucht; man beschwert mit Gewichten die kleine Wagschale, bis das Werkzeug so weit sinkt, daß T an der Oberfläche der Flüssigkeit ist.

Bezeichnen wir mit F′ das Ganze dieser neuen Gewichte, so werden wir haben $V - F'$ gleich dem Gewichte der vom Körper C weggetriebenen Wassermasse; folglich ist $\frac{V - F}{V - F'} =$ der specifischen Schwere des Körpers C.

Nun wollen wir sehn, wie wir die specifische Schwere der Flüssigkeiten bestimmen können. Nehmen wir einen metallenen Würfel, der zum Beispiel einen Decimeter Seite hat; befestigen wir ihn unter eine Schale der hydrostatischen Wage: wenn wir den Würfel in vergleichbares Wasser tauchen, so wird der Körper gerade einen Kilogramm von seinem Gewichte verlieren; also wird man einen Kilogramm auf die Wagschale legen müssen, die den metallenen Würfel trägt, um die hydrostatische Wage wieder in den Zustand des Gleichgewichtes zu versetzen, in welchem wir dieselbe vor dem Eintauchen uns gedacht haben.

Ziehen wir den Würfel, der sich im Wasser befindet, heraus, und tauchen wir ihn in eine andre Flüssigkeit, in Oel

oder Weingeist, zum Beispiel. Da diese Körper leichter sind als das Wasser, so hat die weggetriebene Masse immer gleichen Umfang, aber nicht mehr das nämliche Gewicht. Es sey also Q das neue Gewicht, das man in die Wage legen muß, um das Gleichgewicht nach dem Eintauchen wieder herzustellen, das vor dem Eintauchen Statt fand. Man wird folgende Proportion haben.....

Das Gewicht eines Kubikdecimeters vergleichbaren Wassers, zu dem Gewicht eines Kubikdecimeters neuer Flüssigkeit :: 1 Kilogramm : Q Kilogrammen.

Also wird Q genau die specifische Schwere dieser neuen Flüssigkeit vorstellen.

Nehmen wir an, statt eines metallenen Würfels, der genau einen Liter Wasser wegtreibt, gebrauche man einen andern Würfel, der nur $\frac{1}{2}$, oder $\frac{1}{3}$ oder ein $\frac{1}{4}$ Liter wegtreibt, so wird das vom Körper im vergleichbaren Wasser je nach diesen Fällen verlorne Gewicht seyn $\frac{1}{2}$, oder $\frac{1}{3}$, oder $\frac{1}{4}$ Kilogramm, und überhaupt *m* Kilogramme. Wenn das in der neuen Flüssigkeit verlorne Gewicht ausgedrückt wird durch Q Kilogramme, so wird man bloß $\frac{Q}{m}$ als gesuchte specifische Schwere haben; das heißt, es wird hinreichen, das in der neuen Flüssigkeit verlorne Gewicht durch das im Wasser verlorne zu dividiren, um die specifische Schwere dieser neuen Flüssigkeit zu finden.

Man gebraucht zuweilen ein ziemlich sonderbares Mittel, um die specifischen Schweren zweier Flüssigkeiten zu bestimmen. Man gießt zuerst eine gewisse Menge Queckſilber ACB, Fig. 9, auf den Boden eines gekrümmten Rohres. Dann gießt man in den ersten Arm AD ein beliebiges Gewicht P von der ersten Flüssigkeit, deren specifische Schwere man kennen lernen will; hierauf ein Gewicht Q von der zweiten

Flüssigkeit in den Arm B, bis das Queckſilber in beiden Armen gleich hoch ſteht.

Dann iſt es klar, daß der vom Gewicht P auf den Theil CA des Queckſilbers bewirkte Druck gleich iſt dem vom Gewicht Q auf den Theil CB des Queckſilbers gewirkten; alſo iſt $P = Q$. Nun, wenn das Rohr überall genau gleich weit iſt, ſind die Maſſen der beiden Flüſſigkeiten, die ſich, die eine von A bis D, die andre von B bis E erheben, zu einander im Verhältniß, wie die Höhen AD : BE. Alſo ſind die ſpecifiſchen Schweren dieſer Körper unter ſich, wie die Verhältniſſe $\frac{P}{AD}$ und $\frac{P}{BE}$. Alſo ſind die ſpecifiſchen Schweren dieſer Körper in umgekehrtem Verhältniß der Höhen AD und BE.

Beſondre Urſachen machen in der Praxis ein ſolches Mittel ſehr mangelhaft: erſtens die außerordentliche Schwierigkeit, zwei Arme eines Rohres zu bekommen, die überall gleichen Durchmeſſer haben; und dann das mehr oder minder ſtarke Anhängen der Flüſſigkeiten an den Wänden des Rohres, was die Wirkung der Schwere dieſer Flüſſigkeiten vermindert.

Ein viel beſſeres und in den Künſten ſehr häufig gebrauchtes Mittel iſt das, welches das Werkzeug uns an die Hand giebt, das man Areometer (Dichtigkeitsmeſſer) nennt.

Man denke ſich eine erſte gläſerne Kugel B, Fig. 10, die leer iſt, und eine kleinere S, zum Theil mit Blei oder Queckſilber gefüllt, unter der großen befeſtigt. Es ſey ein Röhrchen CA über dieſer befeſtigt, und mit gleichen Theilungsgräden bezeichnet. Denken wir uns, dieſes Areometer, in vergleichbares Waſſer getaucht, ſinke darin bis nach E; es wird weniger ſinken, wenn man es in ſchwerere, und tiefer, wenn man es in leichtere Flüſſigkeiten taucht, als das Waſſer iſt. Beſondere Zeichen können alſo andeuten wie tief das Areometer ſinken muß, wenn man es in Flüſſigkeiten von

gegebener specifischer Schwere taucht, wie in Branntwein oder Salzauflösungen von einem gewissen Grad der Stärke. Dann, wenn man eine gegebene Flüssigkeit der Probe unterwirft, wird man gleich sehn, ob sie von gleicher oder geringerer, oder größerer specifischer Schwere ist, als die, welche ihr von Natur zukommt; eine Kenntniß, die in sehr vielen Künsten äußerst wichtig ist.

Das Areometer von Fahrenheit, Fig. 11, ist viel befriedigender als das, dessen Beschreibung wir so eben gegeben haben.

Es ist davon dadurch verschieden, daß die große Kugel verlängert, und das Röhrchen in ein kurzes, sehr dünnes Stängchen verwandelt ist, über welchem eine kleine Schale befestigt ist. Man wägt dieses Areometer mit der größten Genauigkeit, und gräbt sein Gewicht auf der Schale ein, um es nicht zu vergessen. Ist dies geschehn, so taucht man das Werkzeug in vergleichbares Wasser; dann beschwert man die Schale mit kleinen Gewichten p, bis das Werkzeug im Wasser genau bis zum Zeichen A einsinkt. Man zieht es heraus, taucht es in die Flüssigkeit, deren specifische Schwere man finden will, beschwert endlich von neuem die Schale mit kleinen Gewichten q, bis das Zeichen A auf die Oberfläche der Flüssigkeit kommt.

Nun, wenn man das Gewicht des im leeren Raum gewogenen Areometers P nennt, so hat man für das Gewicht der bei dem ersten Eintauchen von der Stelle getriebenen Flüssigkeit $P + p$, und für das Gewicht der bei dem zweiten Eintauchen weggetriebenen Flüssigkeit $P + q$. Ferner sind die Umfänge der beiden Massen weggetriebener Flüssigkeit gleich; also ist endlich $\frac{P + q}{P + p}$ das Verhältniß ihrer Schweren, das heißt ihre specifische Schwere.

Der Naturforscher braucht die specifischen Schweren zur Unterscheidung an Gestalt oder Farbe ähnlicher Körper, die dennoch von verschiedener Natur sind. Der Juwelier gebraucht sie gleichfalls, um sich zu versichern, ob die Stoffe, die man ihm anbietet, Edelsteine sind. Die Chemie und Arzneikunde nehmen zu der nämlichen Kenntniß ihre Zuflucht, um sich vorzusehn gegen den Betrug von Marktschreiern aller Art, die chemische Erzeugnisse oder Arzneimittel verkaufen, welche in ihrer natürlichen Beschaffenheit verderbt sind.

Ich kann ein merkwürdiges Beispiel anführen vom Nutzen der Werkzeuge, die zur genauen Messung der specifischen Schwere von Flüssigkeiten dienen.

Die Branntweine, nach ihrem größern oder geringern Grad der Stärke, haben auch eine größere oder geringere specifische Schwere. Die Franzosen, die am ersten durch Areometer diese verschiedenen Grade der Stärke gemessen haben, hatten den sehr großen Vortheil, auch am ersten Branntweine verfertigen zu können, die genau den Grad hatten, welchen die Bedürfnisse des Verbrauchers erforderten.

Die Spanier, deren feurige Weine sehr zur Destillation tauglich sind, wollten sich mit uns in einen Wettstreit für die Verfertigung der Branntweine einlassen. Aber da sie den Grad der Stärke nicht durch Areometer zu messen verstanden, so begnügten sie sich damit, von einer gewissen Höhe einen Tropfen Oel auf ihren Branntwein herabfallen zu lassen. Je nachdem dieser Tropfen mehr oder weniger tief einsank, schlossen sie daraus, daß ihr Branntwein mehr oder minder stark sey. Dies oberflächliche Mittel führte sie jeden Augenblick in Irrthum. Sie lieferten also den Fremden sehr ungleiche Branntweine; dies gab ihren Erzeugnissen einen sehr schlechten Ruf. Sie waren gezwungen, uns dieselben zu niedrigem Preise zu verkaufen. Dann brachten wir sie mit un-

sern Werkzeugen leicht auf den genauen Grad von gehöriger Stärke, und verkauften sie so theuer, als unsre eignen Branntweine. Dieser Handel brachte uns vor der Revolution, allein im Norden von Europa, einen jährlichen Gewinn von vier Millionen Franken.

Jetzt kennen die Spanier den Gebrauch der Areometer, und lassen uns jenen ungeheuern Gewinn nicht mehr zukommen.

Man sieht hieraus wie die einfachsten, durch die Mechanik gelieferten, Werkzeuge wichtige Folgen haben können für den Handel und den Reichthum der Völker: so groß ist der Vortheil dieser Wissenschaft.

Nachdem wir erklärt haben was die Drückungen und das Gleichgewicht der Flüssigkeiten betrifft, müssen wir von der Wirkung sprechen, die hervorgebracht wird wenn man plötzlich diesen, in einem Gefäß oder Behälter verschlossenen, Flüssigkeiten einen Ausgang öffnet. Man nennt Mündung, die am Boden oder an den Seitenwänden dieser Gefäße oder Behälter angebrachte Oeffnung.

Nehmen wir zuerst an, zu größerer Vereinfachung, die Mündung sey in den Boden des Gefäßes gebohrt, und dieser Boden sey wagerecht. Der Theil des Bodens, der die Stelle der Mündung einnahm, ertrug einen Druck, welcher vorgestellt wird durch die Wassersäule, deren Grundfläche diese Mündung ist, und die bis an die obere Fläche der Flüssigkeit reichte. So groß ist also das Gewicht, das auf die Wassertheilchen drückt, welche auf der Bodenfläche liegen. Auf folgende Art bestimmt man die Geschwindigkeit, welche vermöge dieses Druckes die Flüssigkeit annehmen muß. Denken wir uns, man befestige in die Mündung eine gekrümmte Röhre, die wenigstens eben so hoch reicht, als die obere Fläche der Flüssigkeit. Durch die Wirkung der Schwere wird

die Flüssigkeit in das Rohr getrieben werden mit einer Kraft, die, indem sie jeden Augenblick mit der nämlichen Gewalt sich erneuert, eine beständig gleiche beschleunigende Kraft ist. Die Flüssigkeit wird also aufwärts getrieben werden mit dieser Kraft, bis sie so hoch steigt als die obere Fläche selbst ist: dann wird Gleichgewicht Statt finden und die Flüssigkeit in Ruhe bleiben. Folglich ist die Geschwindigkeit, welche die Flüssigkeit wird angenommen haben vom Augenblick an, wo sie von der untern Fläche des Bodens bis zur obern Fläche empor steigt, genau die, welche sie erworben haben würde im Herabfallen von der obern zur untern Fläche, wenn sie an dieser letztern ankäme. Nun ist die Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers proportionirt zu der Quadratwurzel der Höhe des Falles. Also, allgemeine Regel: die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus einer Mündung strömen muß, ist proportionirt zu der Quadratwurzel der Höhe der Wassersäule, die über dieser Mündung steht.

Die Springwerke werden nach diesem Grundsatze gebaut, der uns zu diesem Ergebnisse geleitet hat. Eine gekrümmte Röhre geht von einem hochliegenden Behälter aus, und das Wasser, das aus dieser Röhre springt, erhebt sich lothrecht bis zu einer Höhe, welche, wenn der Widerstand der Luft nicht wäre, genau die der obern Fläche der Flüssigkeit seyn müßte. Man bemerkt auch, wenn man ein springendes Wasser betrachtet, daß die Geschwindigkeit des Wassers, die bei dem Ausströmen aus der Mündung sehr beträchtlich ist, immer mehr abnimmt, so wie die Flüssigkeit sich erhebt, und endlich Null wird im höchsten Punkte des Wasserstrals, von wo sie dann mit einer beschleunigten Bewegung herabfällt, indem sie nacheinander die nämlichen Grade von Geschwindigkeit annimmt, die sie in den gleichen Höhen bei dem Aufsteigen gehabt hatte.

Die Wasser, welche in die Erde versinken, streben wieder

auf die Höhe der Oberfläche des Behälters emporzusteigen, von welchem sie ausgeflossen sind; dies bewirkt eine Menge von Erscheinungen, und macht Quellen, Springbrunnen entstehen, u. s. f.

Wenn das Wasser durch eine Mündung aus einem Gefäße fließt, und alle Umstände übrigens gleich sind, so ist die Wassermenge, die in einer gegebenen Zeit ausfließt, proportionirt zu der Geschwindigkeit der Flüssigkeit und zu der Oberfläche der Mündung. Doch, wegen des Widerstandes den die Flüssigkeit an den Wänden der Mündung erleidet, eines Widerstandes, der nur doppelt ist für eine Mündung von viermal so großer Oberfläche, der nur dreifach ist für eine Mündung, die eine neunmal so große Oberfläche hat, u. s. w., ist dieser Widerstand beträchtlicher wenn sie aus kleinen Oeffnungen, als wenn sie aus großen hervorströmt.

Eine andre Ursache verhindert die Wassermenge, die aus den Mündungen fließt, das nämlich, was man die Zusammenziehung der flüssigen Ader nennt. Nicht nur die senkrecht über der Ebene der Mündung stehende Wassersäule strebt, geradezu aus dieser Mündung auszuströmen; alle flüssigen Theilchen, welche diese Säule umgeben und in der Nähe der Mündung liegen, da sie gegen diese Säule hingedrängt werden, streben auch durch die Mündung auszuströmen. Daraus entstehen Seitendrückungen, welche streben die Säule, oder wie man es nennt, die flüssige Ader zusammenzuziehen, wenn sie aus der Mündung strömt. Diese Zusammenziehung ist die größte mögliche, wenn die Mündung sehr dünne Ränder hat; sie nimmt ab, wenn man eine Röhre in die Mündung einfügt, und wenn man stufenweise diese Röhre bis zu einer gewissen Grenze verlängert. Ich sage bis zu einer gewissen Grenze; denn über diese hinaus vermindert die Reibung der Flüssigkeit an den innern Wänden der Röhre die Geschwindigkeit der Flüssigkeit, und hebt sie

endlich fast ganz auf, wenn die Röhre wagerecht und sehr lang ist.

Man ist also genöthigt, wenn man Wasser durch sehr lange Röhren leiten will, ihnen einen Fall zu geben, der hinreichend sey, damit das Gewicht des Wassers jeden Augenblick die Hemmung aufhebe, die verursacht wird durch die Reibung dieses Wassers an den innern Wänden der Röhre.

Die Gestalt der Mündung ist nicht gleichgültig. Für Mündungen von gleicher Fläche läßt die, deren Gestalt die unregelmäßigste ist, in einer gegebenen Zeit die geringste Menge Wassers ausfließen. Für Figuren von gleicher Seitenzahl ist die regelmäßige Figur die, welche der größten Menge Wasser den Durchfluß verstattet; und unter allen regelmäßigen Vielecken die als Mündungen dienen können, ist der Kreis die Figur, welche die größte mögliche Menge von Flüssigkeit ausströmen läßt; so daß die kreisförmigen Röhren die sind, welche den geringsten Widerstand leisten gegen die Bewegungen der Flüssigkeit, die man in ihrem Innern strömen läßt.

Die Geschwindigkeit, mit der das Wasser aus einer Mündung mit oder ohne Röhre fließt, bleibt beständig gleich, wenn der Behälter, der dies Wasser liefert, beständig bei gleicher Höhe erhalten wird. Nimmt aber die Höhe der Flüssigkeit im Behälter ab, so wird bei übrigens gleichen Umständen, wie wir gesehn haben, die Geschwindigkeit der Flüssigkeit, und folglich auch die Menge des in einer gegebenen Zeit ausgeflossenen Wassers abnehmen, wie die Quadratwurzel der Höhe des Wassers über der Mündung. Also, wenn die Höhe des Wassers abnimmt im Verhältniß von 1 zu 4, so nimmt die Geschwindigkeit des Wassers ab im Verhältniß von 1 zu 2. Nimmt die Höhe der Wassersäule ab im Verhältniß von 1 zu 9, so nimmt die Geschwindig-

keit des ausströmenden Wassers ab im Verhältniß von 1 zu 3, und so ferner.

Man hat zahlreiche Versuche gemacht, um in den vornehmsten Fällen die Verluste an Kraft kennen zu lernen, die sich aus den verschiedenen Figuren der Mündungen mit oder ohne Röhre ergeben für Wassermassen, die auf der nämlichen Höhe erhalten werden oder nicht. Wir verweisen hierüber auf das kostbare Werk über Hydrodynamik von Bossut. Die Kenntniß dieser Versuche ist unentbehrlich zur vernünftigen Anordnung der Leitung und Vertheilung der Wasser durch Wasserleitungen und Leitröhren, durch Rinnen und Kanäle zum Gebrauch der Städte und Landgegenden, des Ackerbaues und des Gewerbfleißes.

D HANDV

Achte Vorlesung.

Bewegende Kraft, welche die Wasser liefern, die Frankreich von Natur besitzt.

Wir wollen versuchen, uns einen Begriff zu machen von der Gesammtheit der bewegenden Kräfte, welche die in Frankreich von Natur befindlichen Wasser unserm Nationalgewerbfleiße liefern. Dann werden wir sehen durch welche Mittel die Mechanik aus dieser großen, von der Natur gelieferten Macht den größten möglichen Nutzen ziehen könne.

Die Oberfläche von Frankreich enthält 52.000.000 Hektare; dies macht 520.000.000.000 Quadratmeter. Jedes Jahr fällt in den genau einander ähnlichen Oertlichkeiten eine Regenmenge, die proportionirt ist zu der wagerechten Oberfläche des Bodens. Könnte man genau die Menge des Regens bestimmen, der auf jeden Quadratmeter fällt, so würde die Summe aller dieser Größen die Masse des Regenwassers in Frankreich vorstellen. Aber um einen solchen Grad von Genauigkeit zu erreichen, müßte man eine sehr große Menge von Versuchen anstellen. Man ist daher gezwungen, sich mit einer gewissen Anzahl von Beobachtungen zu begnügen. Man stellt diese Beobachtungen an, indem man an einen ruhigen und wohlgewählten Ort ein oben offenes Gefäß stellt, dessen trichterförmig auslaufender Boden in Verbindung steht mit einem Behälter, den man vermittelst eines Hahns genau schließt, um das Verdünsten dieses Wassers zu verhindern. Die Oeffnung dieses Gefäßes stellt eine genau ge-

messene Fläche dar, die sehr wohl ein Quadratmeter seyn kann. Dann giebt die Wassermenge, die man jedesmal nach dem Regen mißt, in Litern die Gesammtmenge des Wassers an, die auf einen Meter von Fläche gefallen ist.

Nach vielen Beobachtungen dieser Art, die durch Physiker angestellt wurden, haben die Astronomen des Längenbureau von Frankreich angenommen, daß man die Menge Wasser, die jährlich auf einen Meter Bodenfläche in Frankreich herabfällt, auf sieben Zehntel eines Kubikmeters schätzen könne. Nimmt man folglich die $^7/_{10}$ von 520.000.000.000 Quadratmetern, die dieser Boden enthält, so erhält man 364.000.000.000 Kubikmeter als Menge des Regenwassers, das ein Jahr in das andere auf Frankreichs Boden herabfällt.

Die Wasser, die auf den Boden herabfallen, theilen sich in vier Theile. Ein erster versinkt in die Erde und bildet Massen, aus welchen die Quellen der Brunnen und Flüsse entstehen; dies ist der regelmäßigste und nützlichste für den Gewerbfleiß.

Ein zweiter Theil fließt unmittelbar auf dem Boden hin. Er erhält die Waldströme, Bäche, u. s. w., und bringt Ueberschwemmungen, auch plötzliches Anwachsen der Wasser hervor. In vielen Fällen kann man ihn unschädlicher, in vielen andern auch nützlicher machen für den Gewerbfleiß.

Ein dritter Theil wird verbraucht zum Wachsthum der Pflanzen: der Gewerbfleiß muß ihn zu vermehren suchen.

Ein vierter zerstreut sich durch Verdünstung: diesen muß der Gewerbfleiß zu vermindern suchen.

Es ist sehr schwierig, um nicht zu sagen unmöglich, genau zu bestimmen, nach welchem Verhältniß diese Vertheilung der Wasser in vier Theile geschieht. Dennoch glaube ich,

nach einigen Berechnungen, die ich gemacht habe, man könne für Frankreich nicht geringer als auf ein Drittel die Menge des Regenwassers anschlagen, die ohne durch die Pflanzen oder durch Verdünstung aufgezehrt zu werden, ins Meer gelangt. Setzen wir also nur 120.000.000.000 Kubikmeter Regenwasser, die ins Meer kommen. Diese Wasser werden von allen Punkten des Bodens geliefert, und die höchsten Punkte wegen der Wälder, die sie enthalten, können als diejenigen angesehen werden, die, bei übrigens gleichen Umständen mehr liefern. Dennoch wollen wir annehmen, die Menge des Regenwassers sey ungefähr dieselbe für alle Punkte eines und desselben Flußgebietes.

Um die Größe von bewegender Kraft zu erhalten, welche die 120.000.000.000 Kubikmeter Wasser vorstellen, müßte man jeden einzelnen multipliziren mit der Höhe des Punktes, von welchem dies Wasser anfängt herabzufließen in Rinnen oder Bäche, die der Gewerbfleiß benutzen kann.

Wenn man eine vollständige Flächenabwägung von Frankreich hätte, durch nahe genug an einander gezogene, wagerechte krumme Linien, so dürfte man nur die zwischen diesen verschiedenen krummen Linien liegende wagerechte Bodenfläche multipliziren mit der mittlern Höhe zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt jeder Abwägungslinie. Die Summe dieser Produkte, dividirt durch die Gesammtfläche, würde die mittlere Höhe des Bodens geben. Diese Höhe, multiplizirt mit der Masse des Regenwassers, würde die Größe bewegender Kraft vorstellen, die dies Wasser liefern kann; wobei man jedoch den lothrechten Raum abziehen müßte, den jedes Wassertheilchen durchlaufen muß, ehe seine Vereinigung mit andern Theilchen Rinnen oder Bäche bilden kann, die für den Gewerbfleiß benutzbar sind.

Der höchste Berg in Frankreich erhebt sich 3.410 Meter über die Meeresfläche. Man würde weit die wahren Grenzen

überschreiten, wenn man die Hälfte dieser Höhe als mittlere Höhe des Bodens annähme. Man kann einen der Wahrheit nähern Werth finden, wenn man sucht, welches die Höhe des höchsten Theilungspunktes der Kanäle von Frankreich ist, die über Gebirgsketten im Innern des Landes gehen. Der Theilungspunkt des Kanals von Burgund, welcher der höchste unter allen Theilungspunkten unserer Kanäle ist, liegt 426$^{Met.}$,32 über der Meeresfläche. Wir glauben als mittlere Höhe des Bodens einen eher zu geringen als zu starken Werth anzunehmen, wenn wir nur 100 Meter setzen: das heißt, weniger als den vierten Theil von 426$^{Met.}$,32.

Nach diesen Angaben, wenn die Verdünstung und der Pflanzenwuchs keinen Theil des Regenwassers aufzehrten, würden die Größen der Kräfte, welche dieses Wasser dem Gewerbfleiße liefert, vorgestellt werden, für Frankreich, durch das Produkt von hundertmal 364.000.000.000., und eine Gesammtkraft vorstellen von 36.400.000.000.000 Kubikmetern, die einen Meter hoch herabfallen. Da wir nur die Kraft der Wasser berechnen, die zum Meer gelangen, so nehmen wir nur 12.000.000.000.000 Kubikmeter, einen Meter hoch herabfallend, als wirkliche Kraft dieser Wasser an.

Wollen wir nun sehen welcher menschlichen Kraft die so eben bestimmten Kräfte des Wassers entsprechen könnten, so müssen wir annehmen, in seinem Tagewerk könne ein starkgebauter Mann 50 Kubikmeter Wasser einen Meter hoch hinaufschaffen, ein Ergebniß, das mit Coulombs Versuchen über die Kraft der Menschen zusammenstimmt. Wenn wir dreihundert Arbeitstage für einen Mann annehmen, der nur an den gesetzlich dazu bestimmten Tagen ruht, und der nur 6 bis 7 Krankheitstage des Jahres hat; so werden wir für die Handarbeit eines starken Mannes, als Krafteinheit angenommen, finden 15.000 Kubikmeter, einen Meter hoch gehoben. Theilen wir die 12.000.000.000.000 Kubikmeter

durch 15.000, so finden wir als Quotient 800.000.000. Folglich ist die Kraft des Regenwassers in Frankreich wenigstens gleich der von 800.000.000 starkgebauten Menschen, die dreihundert Tage des Jahrs arbeiten würden; das heißt mit andern Worten, diese 800.000.000 Menschen, gebraucht um Wasser in die Höhe zu schaffen, könnten bis zur Höhe ihrer Quelle die geringste Wassermenge hinaufschaffen, von welcher man annehmen kann, daß Frankreichs Boden sie ins Meer ergießt.

Ich habe diesen Ueberblick aufgestellt um zu zeigen, welchen unermeßlichen Reichthum Frankreich in seinen natürlichen fließenden Wassern besitzt. Wir werden erstaunen, wenn wir die geringe Menge des Wassers betrachten, die von dem französischen Gewerbfleiße benutzt wird.

Man sieht aus dem Werke, das Hr. Graf Chaptal über diesen Gewerbfleiß herausgegeben hat, daß die Gesammtzahl der Mühlen in Frankreich 76,000 beträgt, unter welchen man vielleicht 10,000 Windmühlen rechnen muß. Es bleiben also 66,000 Wassermühlen: wir können uns leicht einen Begriff von der Arbeit dieser Mühlen verschaffen.

Das Gesammtgewicht des Getreides aller Art, das zum Mahlen gegeben wird, ist sechs Milliarden (Billionen) Kilogramme in einem gewöhnlichen Jahr. Man weiß übrigens daß die zum Mahlen von 1.000 Kilogrammen erforderliche Kraft gleich ist der Tagarbeit von 56 Menschen. Also muß man 6 Millionen mit 56 multipliziren; das giebt als Gesammtkraft, welche das Mahlen alles Getreides in Frankreich vorstellt, 336.000.000 Tagarbeiten, welche, durch 300 Arbeitstage dividirt, 1.120.000 Arbeiter erfordern. Nehmen wir nun an, die Windmühlen in Frankreich vollbrächten im Mahlen eine Arbeit gleich der von 120.000 Menschen, so wird die Arbeit von 1.000.000. Menschen als die aller Wassermühlen Frankreichs übrig bleiben. Also ist

die zum Mahlen alles Getreides in Frankreich nützlich angewendete hydraulische Kraft nur der 800ste Theil der verfügbaren Kraft der Wasser, die ins Meer fließen.

Man kann zwar, und ich denke man soll annehmen als Wirkung der Unvollkommenheit der Wassermühlen in Frankreich, daß die Kraft von zwei Millionen Menschen verbraucht wird zur Ausführung einer Arbeit, die nur die Kraft von 1.000.000 erfordern würde, wenn der Bau der Wassermaschinen verständiger eingerichtet wäre. Aber selbst bei dieser Annahme würden die Wassermühlen, wenn sie ihre Kraft verdoppeln und folglich eine Kraft gleich der von zwei Millionen Menschen den verschiedenen Zweigen des Gewerbfleißes liefern, doch nur den 400sten Theil der bewegenden Kraft aufwenden, über die wir verfügen können durch Benutzung des natürlichen Abflusses des Regenwassers auf unserm Boden.

Man kann fragen wie groß die Gesammtkraft aller Wassermaschinen seye, die zu Eisenhämmern, Schmelzhütten und Hammerwerken aller Art dienen. Es wäre leicht zu beweisen, daß diese Kraft nicht der Gesammtkraft der Mahlmühlen gleichkommt. Also kann man behaupten, daß bei dem gegenwärtigen Zustande unsers Gewerbfleißes in den Arbeiten unsrer Künste nicht einmal eine Wassermenge verbraucht oder verschleudert wird, die gleich ist dem 200sten Theil der bewegenden Kraft, die uns geliefert wird durch das Abfließen des Regenwassers.

Ohne von der Wassermasse, die man noch nicht benutzt hat, neues zu entlehnen, kann man die nützliche Wirkung der jetzt gebrauchten Wasser wenigstens verdreifachen, und unmittelbar dem Gewerbfleiß eine bewegende Kraft geben, welche die jährliche Arbeit einer Million starker Menschen vorstellt, die 300 Tage arbeiten.

Betrachtet man, wie wir es so eben thaten, wie groß die

bewegende Kraft ist, die man durch das Regenwasser in seinem Abfluß von den höchsten Punkten bis zum Meer erhalten kann, so muß man einsehen wie viele Gewerbanstalten diese Kraft uns zu errichten verstattet auf einer Menge von Punkten unsers Gebietes. Die Vollkommenheit dieser Anstalten, ihr Reichthum und ihr Gedeihen hängen großentheils von der verständigen Art ab, mit welcher man aus den fließenden Wassern Nutzen zu ziehen und sie als bewegende Kräfte zu gebrauchen weiß für Wasserräder oder andre mechanische Mittel.

Es wäre zu wünschen daß man in mehreren Gegenden Frankreichs besondere praktische Schulen für diesen Gegenstand errichtete.

Ich wünschte, z. B., daß man in Toulouse oder Bordeaux, welches mir herrliche Lagen zu seyn scheinen, gleichsam im Mittelpunkt des Erguſſes der Wasser von den hohen Gebirgen der Pyrenäen, Cevennen, vom Cantal und Auvergne, praktische Schulen errichtete, wo man Zimmerleute, Metallarbeiter, die schon gute Handwerksleute sind, die Kunst lehren würde, Wasserräder und Mühlen aller Art zu erbauen; man würde sie auch unterrichten in den Grundsätzen der auf Künste angewandten Geometrie und Mechanik, wie wir sie in unserm Normalkurs entwickeln, mit ausgebreitetern, mehr besondern Anwendungen auf Alles, was mit dem Gebrauche der Kraft des Wassers in Beziehung steht. Man würde in diese Schule nach einander alle Arbeiter kommen lassen, die bestimmt sind zum Bau der Mühlen im südlichen Frankreich. Eine ähnliche Anstalt zu Grenoble, zu Valence oder zu Lyon würde ein Mittelpunkt werden für die Arbeiter der an fließenden Wassern so reichen Thäler der Ober- und Nieder-Alpen, und des östlichen Wasserabflusses von den Cevennen, den auvergner Bergen, so wie des südlichen Wasserabflusses vom Jura und Wasgau. Eine andere

Schule dieser Art müßte sich im Flußgebiete von Lothringen befinden; eine vierte im Norden, eine fünfte am Fuße des Wasgaues oder Jura's. Es wäre möglich sie mit wenig Unkosten einzurichten, und sogar dadurch, daß man etwa einer von den in jenen eben genannten Gegenden errichteten Fabriken von Wassermaschinen eine bloße Aufmunterung gäbe. Ich begnüge mich, hier diesen Gedanken aufzustellen, der ohne Zweifel nicht fruchtlos bleiben wird; für Eigenthümer von Mühlen wird er die Quelle einer beträchtlichen Vermehrung des Einkommens werden, und für den französischen Gewerbfleiß ein Mittel, die bewegenden Kräfte sehr zu vermehren, über welche dieser Gewerbfleiß verfügen kann.

Ehe wir die Vortheile aufsuchen, die so leicht zu erhalten sind durch einen bessern Bau der Wassermaschinen, wollen wir unsere Aufmerksamkeit auf die Mittel richten, die Masse der Wasser zu Rath zu halten, woraus wir dann eine ungeheuere Macht ziehen können.

Wir wollen nicht rathen, die Menge des Wassers, das zum Wachsthum der Pflanzen dient, zu vermindern; im Gegentheil, wir halten es für nützlich, durch ein wohlverstandenes Wässerungssystem diese Menge immer noch zu vermehren. Wir glauben daß man dies thun könne mit einer weisen Sparsamkeit, welche gestattet, die Wasser viel näher bei ihrer Quelle zu benutzen, und ihre Verdünstung sehr zu vermindern. Baumreihen, am Rand eines fließenden Wassers gepflanzt, indem sie es vor dem Wind und den Sonnenstralen schützen, vermindern auch sehr dessen Verdünstung. Die Obrigkeit wacht darüber, daß Baumpflanzungen unterhalten werden am Rande der Landstraßen, wo sie oft eine für die Erhaltung der Straße sehr schädliche Feuchtigkeit erzeugen; sie sollte befehlen, daß man Pflanzungen am Ufer von Flüssen und Bächen besorge, um diese Ufer vor den Verheerungen des fließenden Wassers zu schützen, und

dessen Verdünstung zu verhindern. Diese Vorsichtsmaßregeln sollten vorzüglich genommen werden in Hinsicht auf Wasserleitungen und Wässerungskanäle, in welchen das geleitete Wasser eben der Reichthum ist, dessen Benutzung man zum Zweck hat; doch wäre es noch besser, diese Wasserleitungen und Kanäle zu decken.

Was die Wasser betrifft, welche unmittelbar auf der Oberfläche des Bodens fließen, so wäre es wichtig, für sie viele kleine Rinnen mit sehr sanften Abhängen zu besorgen, damit sie nicht eine zu große Menge Sand und Erde mit sich führten, wie dies die Bergströme thun. Diese Rinnen könnten zuerst als Wässerungskanäle dienen; die Wasser, die sie liefern würden, könnten in Punkten gesammelt werden, wo sie vortheilhafte mechanische Wirkungen hervorbringen könnten.

Jede der einzeln stehenden Wohnungen auf dem Lande sollte so viel möglich zu ihrer Verfügung eine dieser Wasserrinnen haben, um eine Menge häuslicher und den Ackerbau betreffender Arbeiten zu verrichten. In den Bergen Tyrols werden solche Wasserrinnen gebraucht, bald um eine Wiege hin und her schwanken zu machen, und so eine Kinderwärterin zu ersetzen, bald zur Verfertigung der Butter, zum Umdrehen der Schleifsteine, an welchen man Werkzeuge schleift, u. s. f.

Ein solches System hat nicht nur den Vortheil, daß es bescheidenen Hütten eine kostbare bewegende Kraft schenkt; es gewöhnt auch Männer und Weiber auf dem Lande daran, Hülfe bei den Kräften der Natur zu suchen; es weckt den Verstand und entwickelt oft einen ersten Keim des Talentes bei Jünglingen. Die Spiele der Mechanik sind ein natürliches Vergnügen. Kinder brauchen nur Muster, um zu lernen, in Uebungen dieser Art sich zu versuchen. Wer von uns, wenn er seine jüngern Jahre auf dem Lande zugebracht

hat, machte nicht Mühlen aus einem dünnen Steckchen als Wellbaum des Rades, und aus zwei Hälften eines Hanfstängels, die kreuzweise durch zwei in der Mitte des Steckchens rechtwinklig angebrachte Spalten gesteckt wurden, um ein Rad mit vier Schaufeln hervorzubringen? Am Meeresufer finden die Kinder Vergnügen daran, kleine Schiffe auszuschneiden, ihnen Maste, Segelstangen und Segel zu geben, sie auf dem Wasser schwimmen zu lassen; und mit Entzücken sehen sie dieselben durch den Antrieb des Windes fort schwimmen.

Mehrere berühmte Künstler verdankten die Entdeckung ihres Talentes Versuchen dieser Art; und solche Versuche werden sich vermehren, so wie die Kinder auf dem Lande eine größere Zahl einfacher und manchfaltiger Maschinen vor Augen haben werden. Kommen wir zurück auf den Nutzen, den man aus dem Wasser ziehen soll.

Die mehr oder minder ergiebigen Quellen können vom ersten Augenblicke an nützlich gemacht werden für eine Menge von Arbeiten.

Man müßte den Lauf der meisten Bäche verlängern durch Krümmungen, die, wie ich schon gesagt habe, die Schnelligkeit der Wasser hemmen und die Verheerungen vermindern würden, die sie verursachen. Man müßte ohne Ausnahme an alle Ufer fließender Wasser Bäume pflanzen.

Durch ein gutes Wasserleitungssystem müßte man sorgen, das Wasser nicht erst hinab zu führen um es dann wieder aufwärts zu heben, zur Bewässerung von Gärten oder Wiesen.

Kann man Wasser nicht geradezu herbeileiten ohne es aufwärts zu heben, so sollte man es vermittelst des hydraulischen Stoßhebers thun, einer eben so einfachen als sinnreichen Ma-

schine: sie macht es möglich den kleinsten Wasserstral zu benutzen, um mit der Zeit große Ergebnisse hervorzubringen. Siehe Seite 205.

Was das Wasser betrifft, welches tief in die Erde dringt, so kann man an vielen Orten es auf dem Boden hervorspringen machen, indem man artesische Brunnen gräbt, die man in verschiedenen Gegenden von Frankreich zu erbauen angefangen hat.

Viele Rinnen, die man an den Seiten der Berge und Hügel anlegen würde, könnten durch einen sanften Abhang eine hinlängliche Menge Wasser bis zu der größten Höhe leiten, wo die Arbeit der Mühlen und Hammerwerke jeder Art anfangen kann. Von diesen Punkten an bis zum Meer muß man den Lauf der Wasser in Fälle theilen, die groß genug sind um die Gewalt hervorzubringen, die der Gewerbfleiß erfordert; indem man dafür sorgt, die Abhänge zwischen den verschiedenen Fällen so sanft als möglich zu machen, um so wenig als möglich von der Kraft zu verlieren, die das abwärts fließende Wasser liefert. Ein ganzes Volk kann dies weitläufige System begreifen und mit Verstand befolgen, das man nur deutlich zu erklären und thätig zu verbreiten braucht. Dies sind die Mittel, das Wasser zu sparen; messen wir nun seine Geschwindigkeit und seine nützlichen Wirkungen.

Die Geschwindigkeit fließender Wasser hängt ab: 1) von dem größern oder geringern Abhang des Bettes, in welchem sie fließen; 2) von der Oberfläche dieses Bettes und von seiner Tiefe. Wenn man einen auf der Richtung des Stromes senkrechten Durchschnitt macht, und diesen Durchschnitt des Bettes vom fließenden Wasser nimmt, der begrenzt ist durch eine wagerechte Linie, welche die Oberfläche des Wassers vorstellt, so hat man das, was man den Durchschnitt des Stromes nennt.

Nicht alle Wasserstralen, die durch diesen Durchschnitt fließen, sind von der nämlichen Geschwindigkeit getrieben. Diejenigen, welche unmittelbar das Bett des Stromes berühren, werden aufgehalten durch die Reibung, die sie an diesem Bett erleiden. Da diese erste Wasserlage eine gewisse Anhängkraft an die unmittelbar darüberliegende hat, so trägt sie dazu bei, diese zweite Lage aufzuhalten; diese hält die unmittelbar darüberliegende auf, u. s. w.

Man kann fragen, welches der Wasserstral sey, der die größte Geschwindigkeit hat? Er liegt zwischen dem Boden und der Oberfläche des Stroms; so daß die Stralen, die auf der obern Fläche sind, minder schnell sich bewegen, als die unmittelbar darunterliegenden Wasser.

Diese wichtige Thatsache giebt die Erklärung einer merkwürdigen Erscheinung. Die dem Strom eines Wassers überlassenen Schiffe und schwimmenden Körper, wenn sie bis auf eine gewisse Tiefe einsinken, da sie eine mittlere Geschwindigkeit annehmen zwischen allen denen von den Wasserstralen, deren Stelle sie einnehmen, bewegen sich schneller als die Stralen, die auf der Oberfläche des Stromes sind.

Man hat Versuche gemacht, um zu bestimmen, welches das Verhältniß zwischen der größten Geschwindigkeit an der Oberfläche, und der mittlern Geschwindigkeit der Strömung ist.

Man nennt mittlere Geschwindigkeit die, welche, multiplizirt mit der Oberfläche des Durchschnittes, die Gesammtmenge des Wassers vorstellt, das in einer gegebenen Zeit durch diesen Durchschnitt ausfließt, mit den verschiedenen Geschwindigkeiten, von welchen die Wasserstralen getrieben werden.

Die Geometer haben die mathematischen Verhältnisse studirt, die Statt finden zwischen dem Abhang (Fall) strö-

mender Wasser, der Oberfläche und dem Umfang ihres Schnittes, und der mittlern Geschwindigkeit der Wasser.

Hr. von Prony hat sich mit dieser Untersuchung beschäftigt. Seine Ergebnisse, die von großer Einfachheit sind, genügen auf eine sehr annähernde Weise für alle Fälle, die der Gewerbfleiß nöthig haben kann.

Nennen wir R die Oberfläche des Durchschnittes, dividirt durch die Länge des Umfangs dieses Durchschnittes, welcher das Bett des Flusses vorstellt; I das Verhältniß der Höhe zur Länge der schiefen Ebene, welche den Abhang des Stromes der Länge nach vorstellt; und V die mittlere Geschwindigkeit des strömenden Wassers. Diese Größen haben unter sich folgende Beziehung:

$$R\,I = 0{,}000.024.265.1\,V + 0{,}000.365.543.\,V^2.$$

Mit dieser Gleichung, wenn man R und I kennt, wird man unmittelbar V finden. Eben so wird es seyn, wenn man I und V kennt und R finden will; und wenn man R und V kennt, und I finden will.

Hr. von Prony hat sehr vollständige Tafeln herausgegeben nach seinen eignen Berechnungen, und nach denen, welche in Uebereinstimmung mit seinen ersten Untersuchungen, von Hrn. Eytelwein gemacht worden sind. Diese Tafeln werden solchen Personen viele Rechnungen ersparen, welche die Masse strömender Wasser abschätzen wollen, und wir können nur darauf verweisen. Sie befinden sich in einer Denkschrift in 4.°, die im Jahr 1825 in der königlichen Buchdruckerei herausgegeben wurde unter dem Titel: Sammlung von fünf Tafeln: 1) zur Erleichterung und Abkürzung der Ausrechnung der Formeln, die sich auf die Bewegung der Wasser in offenen Kanälen und Leitröhren beziehen; 2) zur Darstellung der Ergebnisse von 167 Versuchen, die man angestellt hat um diese Formeln aufzustellen.

Es sey nun: $\frac{1}{4}$ D das Verhältniß der Fläche des Durchschnittes zu der Länge des Umfanges, und J die Last Wasser die sich am untern Ende einer Röhre befinden kann, worin man annimmt, daß das Wasser fließt, um einem Drucke das Gleichgewicht zu halten, der von der Geschwindigkeit U des fließenden Wassers herkommt; so hat man:

$$\frac{1}{4}\,DJ = 0{,}000.017.331.4\,U + 0{,}000.348.259\,U^2.$$

Diese beiden einander ähnlichen Formeln sind geeignet, die eine für offene Kanäle, die andere für Leitröhren; und, was merkwürdig ist, diese beiden Formeln geben beinahe ganz das nämliche Ergebniß.

Durch eine wesentliche Vereinfachung hat Hr. von Prony folgendes für die Praxis sehr bequeme Ergebniß entdeckt, das in fast allen Fällen ausreicht: die mittlere Geschwindigkeit ist beinahe genau $\frac{4}{5}$ der Geschwindigkeit an der Oberfläche, genommen in der Richtung des schnellsten Strales. Wir rathen den Personen, die sich dem Gewerbfleiße widmen, diese Bestimmungen anzunehmen, wenn sie Wasserströmungen abzuvisiren haben, die ihnen bewegende Kräfte liefern sollen.

Man sieht, daß, um mit hinlänglicher Genauigkeit eine Wasserströmung zu berechnen, die man für den Gewerbfleiß bestimmt, man zuerst genau die Gestalt des Bettes, in einer auf der Strömung senkrechten Richtung und für eine gewisse Lage bestimmen muß; dies wird man durch das Erforschen mit dem Senkblei erreichen. Dann muß man die Geschwindigkeit des Stromes an dem Orte der Oberfläche messen, wo die Strömung am schnellsten ist.

Gewöhnlich überläßt man dem Strome einen Schwimmer; dann mißt man den Raum, den er in einer gegebenen Zeit zurücklegt. Zu diesem Zwecke stellen sich zwei Beobachter, jeder an ein Ende des wohl bekannten Raumes, den der

Schwimmer zurücklegen soll. Vor jedem Beobachter steckt man zwei Pfähle auf, deren Richtungen senkrecht auf der Linie, welcher die Strömung folgt, miteinander gleichlaufend sind. Ist alles bereit, so läßt man den Schwimmer ein wenig oberhalb des ersten Beobachters los, welcher, genau in dem Augenblick, wo der Schwimmer durch die Richtung der Pfähle geht, ein Pistol abschießt, oder ein anderes beliebiges Zeichen giebt, um den zweiten Beobachter zu benachrichtigen. Dann zählen beide zugleich die Schwingungen eines Pendels, oder sie beobachten die Sekunden, die der Zeiger einer Uhr weist; während der Schwimmer den Raum zwischen beiden Beobachtern zurücklegt. Sobald dieser Schwimmer durch die Richtung der Pfähle des zweiten Beobachters geht, macht dieser ebenfalls ein Zeichen, und beide zählen die Zeit, die über dem Zurücklegen des Raumes zwischen beiden Zeichen verflossen ist. Man wiederholt mehrmals dasselbe Verfahren, um unter den Ergebnissen die Mittelgröße herauszufinden.

Damit der Schwimmer weniger den Bewegungen der Luft ausgesetzt sey, taucht man ihn völlig ein.

Anstatt Schwimmer zum Messen der Geschwindigkeit einer Strömung zu gebrauchen, kann man sich eines kleinen, mit 16 bis 18 Schaufeln besetzten Rades bedienen. Die Achse dieses Rades ist von geringem Durchmesser und wohl polirt. Diese Achse dreht sich auf Walzen, um die Wirkung der Reibung fast unmerklich zu machen. Multipliziren wir die Zahl von Umkreisen, die das der Strömung ausgesetzte Rad macht, mit der Kreislinie, welche der Schwerpunkt des in das Wasser getauchten Theils von jeder Schaufel durchläuft; dann, wenn wir uns allen Widerstand wegdenken, werden wir den Raum haben, den das Wasser an der Oberfläche während des Versuches durchlaufen hat.

Der Widerstand der Luft setzt sich der Bewegung des Rades entgegen, dessen Geschwindigkeit er vermindert. Aber so

ist man sicher, daß die wirkliche Geschwindigkeit der Strömung die übertrifft, welche der Versuch angegeben hat. Man darf also nicht fürchten, die Kraft, über welche man verfügen kann, zu niedrig anzuschlagen.

Hr. Pitot hat in den Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Jahr 1723, die Beschreibung einer Röhre gegeben, deren er sich bedient hat, um die Geschwindigkeit der Seine unter der Königsbrücke zu messen. Er gebrauchte nämlich eine gläserne Röhre, die winkelrecht gebogen war, und die man lothrecht in den Strom taucht; der kleine Schenkel dieser Röhre ist alsdann wagerecht eingetaucht; das Wasser des Stromes dringt in die Röhre durch diesen kleinen Schenkel; es steigt in den großen zu einer desto beträchtlichern Höhe, je schneller die Strömung ist.

Man kann also durch eine Gradezeichnung auf der Röhre selbst, oder auf einem an der Röhre festgemachten Brette, die Geschwindigkeit der Strömung an dieser Höhe erkennen. Taucht man die Röhre mehr oder minder tief ein, so bestimmt man die Geschwindigkeit der Strömung in Tiefen, welche der Lage des kleinen wagerechten Schenkels der Röhre entsprechen. Dies Mittel erfordert eine besondere Vorrichtung, um jede Schwankung, jede Störung der Lage der Röhre während des Versuchs zu hindern.

In der fünften Vorlesung habe ich das Dynamometer des Hrn. Regnier beschrieben. Man kann es auf die unmittelbare Messung der Stoßkraft einer Strömung auf einer gegebenen Oberfläche anwenden. Man nimmt einen würfelförmig gehauenen Holzblock; man giebt ihm die specifische Schwere des Wassers, indem man eine gewisse Zahl von Nägeln hineinschlägt; man hängt den Würfel, den man in den Strom eintaucht, an einem Seil auf, das an dem Haken des Dynamometers befestigt ist. Der Würfel, durch den Strom fortgerissen, wirkt auf das Werkzeug, und spannt

mehr oder weniger die Feder an, nach der Kraft der Strömung: die Anzahl von Kilogrammen, welchen die von der Flüssigkeit gegen die vordere Fläche des Würfels ausgeübte Gewalt entspricht, wird angezeigt auf der Gradbezeichnung durch den Zeiger des Dynamometers.

Wasserleitungskanäle. Wenn ein Fabrikant Nutzen ziehen will aus einem fließenden Wasser als bewegender Kraft, so muß er fast immer dies Wasser herzuleiten durch eine Wasserleitung, oder einen mehr oder minder langen Kanal. Dies ist eine schwierige Arbeit, die man nie unternehmen muß, ohne Beobachtungen und Berechnungen gemacht zu haben, welche verderblichen Unternehmungen und vergeblichen Unkosten vorbeugen können, und die nützliche Wirkung zeigen werden, die man von den beabsichtigten Unternehmungen hoffen kann.

Hr. Methuon hat in dem Journal der Bergwerksschule kostbare Erläuterungen über diese verschiedenen Gegenstände gegeben; deren wesentlichste hier folgen: Um den besten Vortheil aus einem fließenden Wasser zu ziehen, muß man vier verschiedene Arbeiten machen: 1) den Bach oder Fluß untersuchen, den man ganz oder theilweise ableiten will; die Wassermenge bestimmen, die er gewöhnlich, besonders im Sommer, liefert; dann das Land und die Stellen untersuchen, wo der Kanal durchgehn, die kleinen fließenden Wasser, die er durchschneiden soll, ihre verschiedenen Abstände von einander, und ihre Entfernung sowohl von dem Ursprung, als vom Ende des Kanals; 2) die Wassermenge berechnen, welche nöthig ist für die Maschinen, die man errichten will; 3) den Boden abwägen (nivelliren), von dem Punkte an, wohin man das Wasser leiten will, bis zur Strömung selbst; 4) untersuchen, ob man einen Fall des Wassers von hinlänglicher Höhe erhalten könne.

Die Bestimmung vom Falle des Kanals ist von äußerster

Wichtigkeit. Je geringer er ist, desto mehr Zeit braucht das Wasser, um einen gegebenen Raum zu durchlaufen; desto mehr haben die Siekerungen Zeit sich zu bilden; desto mehr Zeit hat endlich die Verdünstung, auf das Wasser zu wirken. Ist hingegen der Fall stark, so bewegt sich das Wasser mit desto größerer Geschwindigkeit; es stößt alle Hindernisse, die es antrifft, mit einer beträchtlichern Größe der Bewegung fort. Daher zernagt es denn auch leichter alsdann die Ränder, und macht auf dem Boden des Kanals mehr oder minder beträchtliche Aufwühlungen, nach der mehr oder minder widerstandsfähigen Beschaffenheit des Bodens. In diesem Falle ist man gezwungen, den Kanal oft auszubessern, das Wasser anzuhalten und die nützliche Wirkung desselben zu unterbrechen.

Man sieht, daß zwischen den beiden äußersten Grenzen eine Mittelgröße seyn muß, und zwar die möglichst vortheilhafte, welche sehr abhängt von der Natur der Böden, durch welche die Wasserleitung gehn soll, und von der Masse der Wasser die miteinander fließen sollen. Diese praktische und theoretische Kenntniß ist die der Ingenieure und der Künstler, die besonders mit dieser Art von Arbeiten beauftragt sind.

Das Wasser durchläuft 80 Meter in einer Minute, nach Hrn. Methuon, in einem Kanal, der überall 2 Meter Breite und 5 Decimeter Tiefe hat, nebst einem Decimeter Fall auf 250 Meter Länge, das heißt einem Meter Fall auf 2.500 an Länge.

Die Triebkraft eines solchen Kanals reicht hin zur Hervorbringung folgender Wirkungen: 1) Sie kann, vermittelst eines Rades von 11 Metern Durchmesser, zwölf Pumpengeräthe in Bewegung setzen, deren Stämpel bei jedem Zug 16 Decimeter steigen und sinken; und dabei kann jeder von diesen Stämpeln 3 Decimeter Durchmesser haben. In dieser Verbindung macht das große bewegende Rad sechs vollstän-

dige Umläufe in einer Minute. 2) Die Hälfte dieses Wassers reicht hin um ein Pochwerk mit zwölf Stampfen in Bewegung zu setzen, dessen Rad, von 45 Decimetern Durchmesser, bis auf 18 Umläufe in einer Minute machen kann. 3) Dieses Rad liefert noch mehr Kraft als nöthig ist, um zwei Pumpen in Bewegung und vier Blasebälge in Thätigkeit zu setzen.

In einem Kanal von 13 ½ Centimeter Fall auf tausend Meter Länge hatte das Wasser nur das Drittel von der Geschwindigkeit dessen in einem andern Kanal, der 40 Centimeter Fall auf tausend Meter Länge hatte, wobei die beiden Kanäle überall 6 Meter Breite hatten. Aber im zweiten Kanal hatte das Wasser keine so regelmäßige Bewegung als im ersten; an den Ufern war es in diesem fast im Zustande des Stillstehens.

Durch die Wirkung der Siekerungen und der Verdünstung war das Wasser in dem Kanal, der einen sanften Fall von 13 ½ Centimeter auf 1.000 Meter hatte, obgleich die Lage Wasser nahe bei der Quelle 7 Decimeter tief war, 20.000 Meter von da fast auf nichts geschwunden durch die bloße Wirkung der unmerklichen Verluste.

Nach diesen Beobachtungen scheint es, man solle nicht weniger als 4 Decimeter Fall auf 1.000 Meter den Kanälen geben, welche die Ausdehnungen haben, die wir so eben anführten.

Man muß nicht mehr als 7 Decimeter Fall auf einen Kilometer Länge geben; weil sonst der zu starke Fall das Verderbniß der Ränder und des Bodens verursachen würde.

Wir sprechen nicht von den Mitteln des Ausgrabens und Ziehens der Kanäle; diese Vorschriften gehören in den Unterricht über Brücken und Straßen eher, als in einen Kurs über Geometrie und Mechanik auf Künste angewandt.

Haben die Kanäle nicht Fall genug, so kann man sie dennoch nützlich machen, indem man sie fähig macht, mehr Wasser aufzunehmen, entweder durch Erhöhung ihrer Ufer, oder indem man sie breiter macht. Ist der Fall schwach, so ist es gut, wenn das Wasser so viel möglich in seiner ganzen Länge eine gleiche Bewegung behält. In der That, wenn es irgendwo beinahe stillstehend ist, so widersteht es dem Wasser, das von oben her kommt, nöthigt es anzuschwellen, und manchmal sogar über die Ufer zu treten. Wenn das stehende Wasser an Länge mehr als 80 Meter einnimmt, so hält es das von oben dazufließende ganz an. Dann muß der Kanal einen um so größern Durchschnitt haben, als der Fall schwächer ist.

Wasserbehälter. Ist das fließende Wasser, über welches ihr verfügen könnt, nicht beträchtlich genug, um beständig euern Maschinen die Bewegung zu geben, die ihnen nöthig ist, so muß man dieses Wasser anhäufen in stillstehenden Behältern; dies ist, was man Teiche nennt.

Dies Mittel ist sehr kostspielig, weil es die Aufopferung eines weiten Erdstriches erfordert, der fruchtbar und kostbar ist durch seine Lage in einem Thalgrund. Daher verzichtet man auch, seit der Einführung der Dampfmaschinen, auf die bewegende Kraft des Wassers an vielen Orten, wenn man dieselbe nur durch solche Wasserbehälter erhalten kann.

In einem solchen Fall müssen die Gewerbfleißigen im Voraus berechnen: 1) den Ertrag des Bodens, den man in einen Teich verwandeln soll; 2) die Kosten der Aufschüttung von Erdwällen, die nöthig sind zur Verfertigung der Leitrinnen, Dämme, Deiche und Schutzbretter, die für den Teich unentbehrlich sind. Sie müssen auch den Ertrag dieses Teiches und die nützliche Wirkung seiner Wasser berechnen, um sie mit der nützlichen Wirkung zu vergleichen, die man

von der Kraft der Thiere, oder von der einer Dampfmaschine erhalten kann.

Dadurch weiß man zum Voraus, welches das wohlfeilste Mittel ist, und man kann immer seine Unternehmung auf die vortheilhafteste Weise einrichten.

In dem Damm, welcher dem Wasserbehälter zum Anhalten dient, bringt man eine oder mehrere Röhren von Holz oder Eisen an, um das Wasser, welches die Maschinen in Bewegung setzen soll, zu denselben zu leiten. Diese Röhren werden aus mehreren Stücken gebildet, die in einander passen; und zwar müssen sie genau zusammengefügt seyn, und man muß sorgfältig alle Ritzen, Löcher, u. s. w., mit Werg verstopfen. Auch ist es gut, alle wünschenswerthen Vorsichtsmaßregeln zu nehmen, damit das Wasser nicht durchsiekern, und den Damm beschädigen könne. Am Ende der Leitröhre bringt man einen Zapfen, oder ein zwischen Falzen bewegliches Schutzbret an; man zieht es auf, um das Wasser durchfließen zu lassen. Mehrere Erläuterungen sehe man in der Abhandlung über die Bearbeitung der Bergwerke von Delius; übersetzt von Schreiber, Bd. II.

Wir entlehnen aus der Abhandlung über die Maschinen, von Hrn. Hachette, folgende Beschreibung des hydraulischen Stoßhebers (Widders).

Wenn das Wasser der Quelle in A angekommen ist, Fig. 12, Tafel II, mit einer erworbenen Geschwindigkeit, die von der Höhe des Falles herkommt, fließt es aus durch eine Leitröhre AB, die in A ausgeweitert und so geneigt ist, daß der Fall wenigstens 27 Millimeter auf 2 Meter beträgt; es fließt aus durch eine Mündung C, die man nach Belieben verschließen kann vermittelst eines Ventils.

Ein Luftbehälter F (1) vereinigt sich durch eine cylindri-

(1) Dieser Luftbehälter hat zum Zweck, eine fortdauernde Bewegung in der aufsteigenden Wassersäule zu unterhalten; er verstärkt die Wir-

sche Einfügung *abcd* mit der Leitröhre ABD; in der Mitte des Bodens dieses Behälters F ist eine kreisförmige Mündung, an welche sich eine kleine cylindrische Stütze schließt, deren Ende E mit einem Ventil *e* versehn ist; S ist ein anderes Ventil, bestimmt zur Unterhaltung der Luft im Behälter F und in dem Raum *mn*, der zwischen der Einfügung *abcd* und der kleinen Stütze E des Ventils liegt. GIH ist eine Steigröhre, die in G in dem Luftbehälter F anfängt.

Man nennt die Röhre ABC, durch welche das Wasser aus der Quelle fließt, das Hauptrohr des Stoßhebers. Die Röhre GIH, durch welche das Wasser über die Quelle hinaufsteigt, heißt Steigröhre. Von den zwei Ventilen D und *e*, welche die Mündungen C und E schließen, nennt man das erste Ablaufs- oder Anhaltungsventil, und das andere Steigventil. Diese Ventile sind hohle Kugeln D und *e*, die man durch Gegitter (muselières) anhält, und deren Dicke so ist, daß sie nicht mehr als zweimal die Wassermasse wiegen, die sie aus der Stelle treiben. Man giebt dem Ende vom Hauptrohr des Stoßhebers, das die Ventile und den Luftbehälter F trägt, den Namen Kopf des Stoßhebers.

Folgendes sind nun die Hauptwirkungen dieser Maschine, wenn sie in Bewegung gesetzt wird. Das Wasser, indem es durch die Mündung C ausfließt, erwirbt die von der Höhe des Falles herkommende Geschwindigkeit; es zwingt die Kugel D aus ihrem Gegitter herauszutreten und sich bis zur Mündung C zu erheben; diese Mündung endigt sich in run-

---

kungen des hydraulischen Stoßhebers; aber er ist kein wesentlich nothwendiger Theil davon. Mehrere Stoßheber ohne Luftbehälter, deren Steigröhren in eine einzige Leitung einfließen würden, müßten die fortdauernde Bewegung des Wassers in dieser Leitung unterhalten. Die Saug- und Druckpumpen, die in Marly von den HHrn. Cecile und Martin verfertigt sind, und die das Wasser in einem einzigen fortdauernden Stral bis auf 57 Meter heben, sind nach diesem Grundsatze erbaut.

den Stücken Leder oder getheerter Leinwand, an welche die Kugel sich genau anlegt. Sobald der Ausfluß durch die Mündung C aufhört, hebt das Wasser die Kugel *e* in die Höhe, welche die Mündung E des Luftbehälters F verschließt; es tritt zu gleicher Zeit sowohl in diesen Behälter als in die Steigröhre GIH, und endlich verliert es die Geschwindigkeit, die es hatte im Augenblick, wo die Oeffnung C sich schloß; dann fallen die Kugeln D und *e* durch ihre eigne Schwere zurück, die eine auf das Gegitter, die andre auf die Mündung F: das Wasser der Quelle fängt wieder an, durch die Mündung C auszufließen; das Ventil D schließt sich von neuem, und dieselben Wirkungen wiederholen sich in einer Zeit, die für den nämlichen Stoßheber sich nicht merkbar verändert.

Der Bewegungsgang eines Stoßhebers fängt an, wenn die Anhaltungsklappe D aufhört, an der Mündung C anzuliegen; er endigt, wenn diese Klappe wieder in die nämliche Lage zurückkommt. Man muß in diesem Bewegungsgange vier Zeitpunkte unterscheiden: im ersten erwirbt das Wasser, im Ausfließen aus der Mündung C, einen Theil der von der Höhe des Falles herkommenden Geschwindigkeit, und die Anhaltungsklappe D schließt sich. Im zweiten, der viel kürzer ist als der erste, ist die Anhaltungs- so wie die Steigklappe geschlossen; die elastischen Körper, Metalle oder Luft, sind zusammengedrückt. Im dritten Zeitpunkt öffnet sich die Steigklappe; die Luft im Behälter F wird zusammengedrückt; das Wasser erhebt sich in der Steigröhre GIH; die Steigklappe schließt sich und die Anhaltungsklappe öffnet sich noch nicht. Endlich im vierten Zeitpunkte wirken die im zweiten zusammengedrückten elastischen Körper entgegen; die Steigklappe bleibt geschlossen, und die Anhaltungsklappe, die aufhört, an der Mündung des Ausflusses C anzuliegen, fällt auf ihr Gegitter. Die Wirkungen, die in den drei letzten Zeitpunkten geschehn, folgen sehr schnell aufeinander;

dennoch, wenn man dem Stoßheber gehörige Ausdehnungen giebt, wird man es, mit einiger Aufmerksamkeit, dahin bringen, die Dauer jedes Zeitpunktes zu unterscheiden.

Erster Zeitpunkt. Man bestimmt die Dauer dieses Zeitraumes nach der Erfahrung; je mehr man die Entfernung der Klappe D von der Mündung C vergrößert, so wie das Gewicht dieser Klappe, destomehr Geschwindigkeit muß das Wasser, das aus der Mündung C fließt, erwerben, um die Klappe D aufzuheben und zu zwingen, sich an die Mündung C anzulegen. Für jede Lage der Klappe auf dem Boden des Gegitters mißt man die Wassermenge, die in einer als Einheit angenommenen Zeit durch die Steigröhre GIH erhoben wird. Verändert man die Entfernung der Klappe D von der Mündung C, so gelangt man dazu, dem Wasser des Hauptrohrs vom Stoßheber die Geschwindigkeit zu geben, welche dem Maximum der Wirkung dieser Maschine entspricht.

Zweiter Zeitpunkt. Man hat im Anfang der Beschreibung des Stoßhebers gesehn, daß der Raum *mn* mit Luft angefüllt ist. Diese Luft vorzüglich ist der elastische Körper, dessen Zusammendrückung im zweiten Zeitpunkte geschieht. Da alle Theile, aus welchen der Stoßheber besteht, von Metall sind, so haben sie auch eine gewisse Elastizität; aber wie sie auch beschaffen sey, so kann man sie sich denken als vereinigt mit der elastischen Kraft der Luft *mn*, und nur die Wirkungen dieser letztern Elastizität während des vierten Zeitpunktes betrachten.

Dritter Zeitpunkt. Die während des ersten Zeitpunktes entwickelte Kraft, nachdem sie die Luft *mn* zusammengedrückt hat, wird gebraucht zum Einführen des Wassers durch die Mündung E in den Luftbehälter F und in die Steigröhre GIH; sobald sie ihre Wirkung hervorgebracht hat, fällt die Klappe *e* zurück, durch ihre eigne Schwere, auf

die Mündung E, und die Anhaltungsklappe D schließt noch die Mündung C.

Vierter Zeitpunkt. Wenn die beiden Klappen geschlossen sind, so wirkt die in *mn* zusammengedrückte Luft entgegen, und obgleich die Zeit dieser Gegenwirkung sehr kurz ist, so haben doch die daraus entstehenden Wirkungen den größten Einfluß auf das Spiel des Stoßhebers: diese Gegenwirkung zwingt das Wasser, vom Kopf des Stoßhebers gegen die Quelle zurückzufließen, was nach dem Ende des Hauptrohrs vom Stoßheber hin einen leeren Raum erzeugt; dann drückt der Luftkreis auf die Anhaltungsklappe D, die Ausflußmündung C öffnet sich, und das im Hauptrohre des Stoßhebers ABC enthaltene Wasser der Quelle, indem es durch diese Mündung ausfließt, nimmt wieder seine ursprüngliche Geschwindigkeit an. Das Wasser fährt fort, sich in der Steigröhre GIH zu erheben durch die Elastizität der in dem Behälter F zusammengedrückten Luft, die auf das Wasser dieses Behälters wirkt, und es zum Steigen zwingt.

Die Bewegung der aufsteigenden Wassersäule theilt sich der Luft des Behälters F mit; dieser Behälter wäre bald erschöpft, wenn man nicht bei jedem Bewegungsgange des Stoßhebers einen Theil neuer Luft einließe: der kleine Kanal S, der mit einer Klappe verschlossen ist, dient zum Leiten dieser Luft; die Klappe öffnet sich von außen nach dem Innern des Hauptrohrs vom Stoßheber. Der leere Raum, der sich in dem vierten Zeitpunkte bildet, nöthigt diese Klappe sich zu öffnen; eine gewisse Masse atmosphärischer Luft geht in den Cylinder *abcd*, der unter dem Behälter F liegt, und aus welchem sie dann in diesen Behälter getrieben wird. Ein Theil dieser Luft zieht sich in den Raum *mn* und bildet den elastischen Körper, den man Luftpolster nennt; von der Gegenwirkung dieser zusammengedrückten Luft kommt es her, daß das Wasser, welches das Hauptrohr des Stoß-

hebers enthält, gegen die Quelle zurückfließt. Man hat eben gesehn, daß dieses Zurückfließen Statt findet in dem vierten Zeitpunkte des ganzen Bewegungsganges.

Denken wir uns, die Leitröhre AB, Fig. 12, sey knieförmig gebogen, und nehme die Figur eines Hebers an. Vom Augenblick an, wo man in diesem Heber eine Strömung wird hergestellt haben, die von der Höhe des Wassers herrührt, einer Höhe die größer ist in dem Behälter A, als abwärts in L, so wird diese Strömung den Stoßheber in Bewegung setzen, wie in dem Fall einer geradlinigen Leitröhre. Um den Heber zu füllen, muß ein gegen A hin angebrachter Hahn, und eine nach K zu angebrachte Klappe es möglich machen, beide Ende der Röhre zu verschließen, indeß man sie mit Wasser füllt durch eine Oeffnung, die in der Spitze des Hebers liegt, und die man nachher wieder genau verschließt. Oeffnet man hernach den Hahn in A, so entsteht die Strömung im Heber, und der Stoßheber geht von selbst.

Man kann den hydraulischen Stoßheber auch gebrauchen zum Erheben des Wassers aus einem Brunnen oder einem beliebigen Behälter; aber man muß die Wirkung der Pumpen wohl verstehn, um diese Anwendung zu begreifen, die unter dem Namen des **Saugstoßhebers** bekannt ist.

Neunte Vorlesung.

Wasserräder.

Eines der wichtigsten Mittel, deren man sich bedient, um den Maschinen die bewegende Kraft des Wassers mitzutheilen, ist das der Wasserräder. Es giebt deren von zwei Hauptarten: die einen, die man lothrechte nennt, haben wagerechte Achsen; die andern, wagerechte genannt, haben lothrechte Achsen.

Die ersten haben den Vortheil, daß sie wenig Platz einnehmen und sehr leicht beaufsichtigt und ausgebessert werden können.

Unter die wagerechten, alten oder neuerfundenen Räder muß man rechnen: das Centrifugalrad (roue à force centrifuge), das Rückstoßrad (r. à réaction), die Danaide (la Danaïde), und überhaupt die wagerechten Räder mit krummen Schaufeln. Diese letztern Räder haben einen besondern Vortheil, um unmittelbar mit einer großen Geschwindigkeit eine umdrehende Bewegung in einer wagerechten Ebene hervorzubringen, wie sie geschehen muß um Getreide zu mahlen. Aber diese Räder sind schwer zu unterhalten; mehrere erfordern einen beträchtlichen wagerechten Platz. Daher werden sie auch weit weniger gebraucht als die lothrechten Räder, mit welchen wir uns ausschließlich beschäftigen wollen.

Unter den lothrechten Rädern haben die einen Schaufeln oder Flügel, auf welche das Wasser durch Stöße unten am

Rande wirkt; so sind die Räder der Schiffmühlen, die auf Flüssen stehn; andre Räder haben Zellen (augets, auch Eimer, Schöpfer, Kästen, im Elsaß Kübel genannt) A, A, A, Fig. 1, 2, 3, 4, Taf. III, welche das bewegende Wasser auffangen, das von oben auf das Rad fließt. Endlich giebt es Räder, in welche das Wasser seitwärts fließt (roues de côté), Fig. 1, 2, 3, Taf. IV, die auch Zellenräder sind, und die das Wasser nicht nur von der Seite, sondern auch unterhalb des Mittelpunktes auffangen. In solchen Rädern pflanzt das Wasser seine Kraft durch Druck fort, was besser ist als die Wirkung durch den Stoß, wie er bei den sogenannten unterschlächtigen Schaufelrädern Statt findet. Man hat überdies mit solchen Rädern den Vortheil, den geringsten Fall von Wasser benutzen zu können.

Man verdankt dem gelehrten und scharfsinnigen Borda, die strenggenaue Theorie, welche die Umstände bei der Bewegung der Wasserräder bestimmt.

Smeaton und Bossut haben, der eine in England, der andre in Frankreich, durch ihre Versuche die durch Rechnungen gefundenen Ergebnisse bestätigt.

In Hinsicht auf unterschlächtige Räder zeigt Bossut, daß es: 1) vortheilhaft ist, den Rädern die größte mögliche Zahl von Schaufeln zu geben, ohne daß jedoch das Ganze zu schwer werde. Man giebt gewöhnlich 36 bis 40 Schaufeln den größern Rädern von 7 Metern Durchmesser, die durch eine schnelle Strömung umgetrieben werden; der in das Wasser getauchte Bogen übersteigt selten 25 bis 30 Grade. Bossut glaubt, sie würden eine größere Wirkung hervorbringen, wenn man die Zahl der Schaufeln vermehrte. Es ist gebräuchlich, setzt er hinzu, den in Flüssen gehenden Rädern eine kleine Anzahl von Schaufeln zu geben; und dies thut man, damit die Schaufeln nicht einander bedecken, und jede den Stoß des Wassers aufnehmen könne. In der Praxis giebt

man gewöhnlich 8 bis 10 und manchmal noch weniger Schaufeln den Rädern von Mühlen, die in Schiffen auf dem Wasser schwimmen. Bossut glaubt, diese Zahl sey zu klein, und dergleichen Räder würden besser gehn, wenn sie 12 bis 18 Schaufeln hätten.

2) Damit die Maschinen die größte mögliche Wirkung hervorbringe, muß die Geschwindigkeit des Rades zu jener der Strömung seyn wie 2 ist zu 5, sowohl für die auf Schiffen in Flüssen gehenden Räder, als für solche, die ein schmales Gerinne (coursier, Lauf, im Elsaß Bäderich genannt) umschließt.

3) Für die Räder, die auf Kanälen von geringem Fall sich bewegen, in welchen das Wasser die Freiheit hat, nach dem Stoße leicht abzufließen, ist es nützlich, die Schaufeln gegen den Mittelpunkt hin zu richten. Haben hingegen die Gerinne starken Fall, so müssen die Schaufeln um eine gewisse Größe geneigt seyn in Hinsicht auf den Halbmesser, sowohl um mehr senkrecht getroffen zu werden, als um eine Vermehrung der Kraft von dem Gewichte des Wassers zu erhalten. Es giebt immer eine gewisse Schiefe, die man nicht überschreiten darf, weil man mehr verlieren würde durch die Verminderung der Stärke des Stoßes, als man gewinnen könnte durch das Gewicht des Wassers, das auf die Schaufeln hingleitet und sie drückt.

Hr. von Parcieux hat Versuche angeführt, die den Vorzug von Rädern mit schiefstehenden Schaufeln vor solchen zeigen, deren Schaufeln gerade in der Richtung der Halbmesser des Rades gestellt sind.

Sind die Schaufelräder nicht einer freien Strömung ausgesetzt, so ist ihr unterer Theil eingefaßt von einem rechteckigen Leitungskanal, den man Gerinne (Lauf, Bäderich) nennt. Die grobgearbeiteten Gerinne lassen vielen Raum zwischen ihren Wänden und den Schaufeln der Räder übrig;

dies verursacht einen beträchtlichen Verlust an Wasser. Man hilft diesem Nachtheil ab in den Rädern, wo das Wasser von der Seite einfließt, Fig. 2 und 3, Taf. IV, indem man dem Boden des Gerinnes eine kreisförmige Gestalt giebt, die genau der Kreislinie folgt, welche die äußern Ränder der Schaufeln beschreiben, wenn das Rad sich dreht.

Es ist wichtig, so wenig als möglich von der Kraft des Wassers zu verlieren, und folglich das Gerinne so viel man kann zu verkürzen. Daher sieht man auch an den vervollkommneten Rädern der Taf. IV, daß das Schutzbrett (Stellbrett, vanne), streifend an das Rad gerichtet, dem Wasser gestattet, im nämlichen Augenblicke zu wirken, wo es aus seinem Behälter fließt.

Auf folgende Art berechnet man nun die Wirkung des Wassers auf ein Wasserrad. Denken wir uns, man hänge ein Gewicht p an das freie Ende eines Seiles, das auf dem Wellbaume des Rades aufgerollt wird; wenn r der Halbmesser des Rades ist, so ist pr das Moment des Rades, dessen nützliche Wirkung es vorstellt. Es sey F die Kraft des Wassers, zusammengedrängt im Mittelpunkte des Druckes oder Anstoßes der Schaufeln oder der Zellen, und R die Entfernung des Radmittelpunktes von diesem Mittelpunkte der Wirkung; so wird man nach den Grundsätzen der Bewegung sich umdrehender Räder, Band II, Mechanik, zehnte Vorlesung, haben müssen $pr = FR$, wobei man die Reibung der Zapfen des Rades unberücksichtigt läßt.

Hier kommen mehrere Dinge zu berechnen vor, nach den Arten der Wirkung des Wassers.

Bei unterschlächtigen Schaufelrädern stößt das Wasser an die Schaufeln; es verliert einen Theil seiner Geschwindigkeit, und seine verlorne Kraft, wenn sie ganz nützlich übergetragen würde, müßte die dem Rad mitgetheilte Kraft F vorstellen.

Man beweiset, daß die größte mögliche Wirkung hervorgebracht wird durch das unterschlächtige Schaufelrad, wenn die Geschwindigkeit des Rades gleich ist der Hälfte der Geschwindigkeit des als frei angenommenen Wassers.

Diese Art die Kraft des Wassers zu gebrauchen, ist bei weitem nicht die vortheilhafteste.

Ein Wasserrad wäre vollkommen, wenn die Wirkung des Wassers ein Gewicht, das ihm gleich wäre, zu eben der Höhe erheben würde, von welcher das Wasser herabfließt, um auf das Rad zu wirken. Zu diesem Zweck müßte das bewegende Wasser seine ganze Kraft, die es besitzt, mitgetheilt haben, und folglich nur noch eine Geschwindigkeit gleich Null behalten, wenn es aufhört zu wirken. Für das unterschlächtige Rad müßte also die Geschwindigkeit der Schaufeln unendlich langsam seyn. Also ermangeln diese Räder einer wesentlichen Bedingung, um der möglichst vortheilhaften Wirkung nahe zu kommen. Man muß sie folglich nur an Orten gebrauchen, wo das Wasser mehr bewegende Kraft hat, als es die Bedürfnisse des Kunstfleißes erheischen.

Bei den Rädern wo das Wasser seitwärts einfließt, und bei den oberschlächtigen, kann man das Wasser durch Stoß oder Druck wirken machen; die erste Art ist die minder vortheilhafte, sie macht das Wasser verloren gehn, welches durch den Stoß wegspritzt.

Also muß man sich im Allgemeinen auf den bloßen Druck des Wassers beschränken, das auf Räder von oben oder seitwärts her gegossen wird, und durch die Wirkung seiner Schwere hinabfließt.

In den Fig. 1. und 3, Taf. III, ist der Stoß des Wassers an die Zellen vorgestellt; in den Fig. 2 und 4 fließt das Wasser lothrecht herab, und in der Fig. 4, ist der Stoß so gering als

möglich und so zu sagen Null. Das Schutzbrett V, wenn es aufgezogen wird, läßt nur den obern Theil des Wassers aus dem Behälter herabfließen. Man wird in den Fig. 2, 3, 4, eine Gestalt von Zellen bemerken, die das Wasser länger behält, als die der Fig. 1, und die in dieser Hinsicht einen andern Vortheil darbietet. In der Fig. 3, Tafel III, wie Fig. 3. Taf. IV, sind die Zellen verfertigt aus dünnen Kupferblättern, und von einer Gestalt, die der besten nahe kommt.

In der Fig. 2, Taf. III, fließt das überflüssige Wasser über das Schutzbrett weg und fährt fort im Gerinne zu laufen von E nach F. In der Fig. 4, die das System von Perkins darstellt, sieht man einen Abflußkanal DD, den man öffnet, wenn zu viel Wasser im Behälter ist. Ein Schutzbrett, wagerecht in E, regelt und hemmt im Nothfalle das Abfließen.

In der achten Vorlesung habe ich mich besonders über den Bau der Wassermaschinen und Räder ausgesprochen. Wir haben viel zu thun, um diesen Theil unsrer Künste so hoch zu treiben, wie die Engländer. Diese verfertigen eiserne Wasserräder von sehr großer Ausdehnung, die überdies mit geometrischer Genauigkeit gearbeitet sind, welche eines der wichtigsten Erfordernisse zum glücklichen Erfolge ist.

Kommen wir zurück auf die Vergleichung der bewegenden Kraft des Wassers und der mitgetheilten nützlichen Wirkung. Mit gewöhnlichen unterschlächtigen Schaufelrädern ist die fortgepflanzte nützliche Wirkung nur das Drittel der bewegenden Kraft; mit Zellenrädern kann diese Wirkung bis auf zwei Drittel steigen.

Smeaton hat viele Versuche über die Wirkung der Wasserräder gemacht. Er nennt vermögende Ladung, die Höhe, von welcher das Wasser lothrecht und ohne Hinderniß herabfallen muß, um die Geschwindigkeit zu erwerben, mit

welcher es die Schaufel des Rades trifft. Er gelangt zu folgenden Ergebnissen:

1) Wenn die vermögende oder wirkliche Ladung die nämliche ist, so ist die Wirkung ungefähr wie die Menge des aufgewendeten Wassers; 2) wenn der Aufwand an Wasser derselbe ist, so ist die Wirkung beinahe ganz proportionirt zu der Höhe der vermögenden Ladung; 3) wenn die aufgewendete Wassermenge dieselbe ist, so ist die Wirkung ungefähr wie das Quadrat der Geschwindigkeit; 4) wenn die Oeffnung des Schutzbrettes die nämliche ist, so ist die Wirkung ungefähr wie der Kubus der Geschwindigkeit des Wassers.

Nach Smeaton ist in den großen Wasserrädern das mittlere Verhältniß von der Macht zur Wirkung das von 3 zu 1; und das mittlere Verhältniß zwischen den Geschwindigkeiten des Wassers und des Rades ist im Allgemeinen das von 5 zu 2.

Was die Zellenräder betrifft, so ist ihre nützliche Wirkung desto größer, je höher sie sind in Hinsicht auf den Gesammtfall. Die Geschwindigkeit dieser Räder, um das Maximum der Wirkung hervorzubringen, muß ungefähr einen Meter in jeder Sekunde betragen.

Stellen wir nun ganz kurz einige allgemeine Betrachtungen auf, ehe wir uns zu den Vervollkommnungen wenden, die seit kurzem durch Hrn. Poncelet eingeführt worden sind bei der Erbauung der Räder, in welche das Wasser seitwärts einfließt; jene Vervollkommnungen vermehren sehr die nützliche Wirkung solcher Maschinen.

Die oberschlächtigen Räder können nicht wohl anders als zu Fällen dienen, die über zwei Meter Höhe haben und eine große Menge Wasser liefern.

Die bloßen Schaufelräder sind sehr einfach, können über-

all angewendet werden und eine beträchtliche Geschwindigkeit annehmen, indem sie sich wenig von der größten Wirkung entfernen, die sie hervorzubringen im Stande sind.

Wenn die Geschwindigkeit der Räder über zwei Meter in jeder Sekunde beträgt, so bilden sie Schwungräder und tragen dazu bei, die Bewegung gleichförmig zu machen, ungeachtet der Sprünge, der Stöße und plötzlichen Veränderungen der Geschwindigkeit, welche die verschiedenen Theile der Maschine erleiden können. Ueberdies, ungeachtet der verlornen Kraft, gestattet diese große Geschwindigkeit, daß man vermittelst weniger Eingreifungen noch eine beträchtliche Geschwindigkeit fortpflanzen kann, die zu vielen Arbeiten des Kunstfleißes dienlich ist.

Es ist selten, daß Zellenräder eine Geschwindigkeit erhalten, die weniger als einen Meter in der Sekunde beträgt.

Ihre gewöhnliche Geschwindigkeit übersteigt zwei Meter; dies ist kein Fehler, weil die Wasserfälle, die man in solchem Falle gebraucht, wenigstens 3 Meter betragen.

Die Geschwindigkeit, mit der das Wasser strebt, aus dem Gerinne zu laufen, und die Bewegung, die es darin annimmt für die Räder, wo es von der Seite einfließt, machen, daß in dieser Verbindung das Rad immer wenigstens 2 Meter Geschwindigkeit in der Sekunde hat. Diese Geschwindigkeit hebt fast alle Vorzüge dieses Rades vor den gewöhnlichen Schaufelrädern auf, wenn der Fall des Wassers weniger als 2 Meter beträgt. Aus diesen Zusammenstellungen sieht man, daß, ungeachtet der den gewöhnlichen unterschlächtigen Schaufelrädern anklebenden Mängel, man mit Recht sie ferner gebrauchen kann in ebenen Gegenden, wo die Fälle gering sind und reichlich Wasser da ist.

Man sieht in der That ein, daß es auf Ebenen schwer

und sehr kostspielig seyn müßte, sich höhere Fälle als 2 Meter zu verschaffen.

Es giebt also sehr viele Fälle, wo die unterschlächtigen Räder einen bedeutenden Vorzug haben.

Die unterschlächtigen Räder, ausgenommen für sehr kleine Fälle, pflanzen höchstens das Drittel von der Größe der Bewegung fort, die sie empfangen. Oft sogar, wegen der schlechten Einrichtung der Gerinne und Schutzbretter, pflanzen sie nur das Viertel oder das Fünftel weiter fort.

Berühmte Gelehrte und Ingenieure haben zahlreiche und sehr bemerkenswerthe Versuche gemacht, um den Gebrauch der Schaufelräder zu verbessern. Sie haben als die besten Einrichtungen erkannt: 1) daß die Räder wenigstens 24 Schaufeln haben müssen; 2) daß sie geneigt seyn müssen um 25 bis 30 Grade mit dem Halbmesser des Rades; 3) daß diese Schaufeln nicht über das Drittel ihrer Höhe sich eintauchen sollen; 4) daß man eine Randleiste von 8 bis 10 Centimetern an den lothrechten Enden der Schaufeln anbringen soll.

Man hat verschiedene Mittel vorgeschlagen zur Vermehrung der guten Wirkung der Räder durch eine bessere Einrichtung des Gerinnes und der Hauptschwelle. Hr. Morosi hat gleichfalls vorgeschlagen, die Länge des Gerinnes zu vermindern; dies vermindert zugleich den Verlust an Geschwindigkeit, den das Wasser bei dem Durchlaufen desselben erleidet. Diese Einrichtung ist vortheilhaft.

Wenn man die Schutzbretter neigt, um den Wänden der Schutzöffnung (pertuis) die Gestalt der flüssigen Ader zu geben, so muß man seine Ausmessungen so nehmen, daß die Geschwindigkeit des Wassers sich gleich erhalte bei seinem Ausfluß aus dem Behälter und bei der Berührung mit dem

Rade. Dann findet man, daß die auf das Schaufelrad fortgepflanzte Größe der Bewegung, statt das Viertel oder Fünftel der antreibenden Kraft zu seyn, bis zu drei Zehnteln steigen kann.

Nach Versuchen, die Hr. Christian angestellt hat, gewinnt man durch die Seitenrandleisten, welche Hr. Morosi vorgeschlagen hat, nur etwa ein oder zwei Zehntel in Vergleichung mit den gewöhnlichen Schaufelrädern; wenn man annimmt, daß diese Schaufeln unbeweglich, und von einem Gerinne eingefaßt sind. Dieser Vortheil wird noch geringer, wenn die Räder gut gebaut sind und im Gerinne wenig Spielraum haben.

Wenn man annimmt, daß man als nützliche Wirkung drei Zehntel der antreibenden Kraft erlange, und noch ein Zehntel mehr vermittelst der Randleisten, so hätte man im Ganzen 0,36 der antreibenden Kraft, welches die nützliche Wirkung des Rades mit Schaufeln und Randleisten vorstellen würde.

Uebrigens muß man bedenken, daß die antreibende Kraft des Wassers bei dem Ausfließen aus dem Schutzbrette selbst geringer ist als diese Kraft, wie die Theorie sie giebt; das heißt als die Kraft, die von der Höhe jedes Theilchens herrührt, das aus dem Schutzbrette fließt. Dann sieht man ein, daß man mit allen möglichen Vervollkommnungen der Schaufelräder nicht hoffen kann, es auf mehr als 32 bis 33 Hundertstel von der Kraft des Wassers, mathematisch gerechnet, zu bringen.

Hr. Poncelet, nachdem er die Betrachtungen aufgestellt hat, deren Darstellung wir so eben gegeben haben, zeigt die Abänderungen, durch welche die Wasserräder eine beträchtlichere Wirkung hervorbringen können, wenn man an denselben die geraden Schaufeln gewöhnlicher Räder durch krumme

und cylindrische Schaufeln ersetzt, deren Höhlung gegen die Strömung gestellt ist. Der Umfang jeder Schaufel reicht streifend bis an einen äußern Kreis, der mit dem Rade den nämlichen Mittelpunkt hat. Dieser Umfang wird immer mehr auf dem Halbmesser des Rades geneigt, so daß er eine zusammenhängende Kreislinie bildet, wie man sie vorgestellt sieht in der Fig. 1, Taf. IV.

Das Wasser wird ungefähr streifend an dem äußern Bestandtheile jeder Schaufel herbeigeführt, und fließt in diese Schaufel ein ohne die Oberfläche derselben zu stoßen, um sie zu einer Höhe zu erheben, welche der relativen (beziehenden) Geschwindigkeit entspricht, von der es getrieben ist.

Will man nun die absolute Geschwindigkeit, die das Wasser bei dem Austreten aus dem Rade behält, auf Null herabsetzen, so muß die Kreislinie dieses Rades eine Geschwindigkeit haben gleich der Hälfte von der des Wassers der Strömung.

Hr. Poncelet vereinigt zugleich alle Vervollkommnungsmittel, indem er die Schutzbretter anordnet wie wir angezeigt haben, und indem er an das Gerinne eine Vertiefung (ressaut) nebst Erweiterung anbringt, an dem Orte, wo die krummen Schaufeln anfangen sich zu leeren. Um ihre Entleerung leichter zu machen, bringt er, statt der Randleisten auf jeder Seite dieser krummen Schaufeln, zwei (felgenförmige) Scheiben (jantes) oder ringförmige Platten an, deren Breite nicht mehr als den vierten Theil der Höhe des Falles betragen darf. Mit diesen Einrichtungen und nach den Versuchen, die er angestellt hat, ergiebt es sich, daß die durch ein Rad mit krummen Schaufeln fortgepflanzte Größe der Wirkung, wenn der Fall 0,80 Meter bis 2 Meter hoch ist, nicht unter 0,6 beträgt, und oft sogar 0,67 erreichen kann von der Größe der Bewegung, die herrührt von der Gesammt-

höhe des Wassers im Behälter unter dem niedrigsten Punkte des Rades : ein Ergebniß, welches größer ist als man es hoffen könnte von den Rädern wo das Wasser seitwärts einfließt, und selbst von den oberschlächtigen, wenn man einen geringen Fall zu gebrauchen hat.

Die krummen Schaufeln bekommen keinen Boden, wie die Zellenräder. Man kann sie aus schmalen Brettchen verfertigen. Es ist noch besser sie aus plattem Eisen oder starkem Eisenblech und aus einem Stück zu machen; dies macht überflüssig, sie in die kreisförmigen Platten einzufügen und man darf sie dann nur mit Nägeln oder Bolzen auf diese Platten festmachen.

Man kann zuweilen die ringförmigen Platten durch Felgen ersetzen, die denen der unterschlächtigen Räder ähnlich sind.

Wenn die durch das Gerinne ausfließende Wasserfläche keinen großen Umfang hat und mit großer Geschwindigkeit ausströmt, so kann man den Fall des Gerinnes BF, Fig. 1, Taf. IV, bis auf ein Zehntel verstärken, damit die von diesem Fall herrührende Beschleunigung die Hemmung vergüte, welche durch den Widerstand der Wände verursacht wird.

Das Gerinne muß etwas weniger Breite haben, als die Schaufeln Länge.

Folgendes sind die vortheilhaftesten Einrichtungen in Hinsicht auf die Schutzbretter, die Schutzöffnungen und die Gerinne:

1) Man neigt so sehr als möglich das Wehr (retenue) BO; 2) man stellt das Schutzbrett V oben auf das Wehr. Dieses Schutzbrett, um so vollkommen als möglich zu seyn, muß aus einer dicken Platte von Eisenblech bestehen, oder aus einer Platte von gegossenem Eisen. Man kann in die Falzen, in welchen das Schutzbrett gleitet, Rädchen (molet-

tes) einfügen, auf der äußern Seite, wo das Wasser anstößt. Dadurch wird man die Regierung des Schutzbrettes viel leichter machen, die man vermittelst einer Winde verrichten kann.

Folgende Gestalten hält man für die zweckmäßigsten. Der Boden BF, Fig. 1 bis, Taf. IV, des Gerinnes muß platt seyn in seiner ganzen Breite *mm'n'n*, Fig. 1 ter; er muß auf den Seiten rechts und links eine Erhabenheit *mnpq*, *m'n'p'q'* haben, deren Obertheil hohl ausgeschnitten seyn muß, RF, Fig. 1 bis, so daß er so genau als möglich den kreisförmigen Umfang, den die Ränder des Rades darstellen, umschließe.

In F, Fig. 1 und 1 bis, ein wenig jenseits der lothrechten Linie, die durch den Mittelpunkt des Rades geht, endigt das Gerinne. Eine Vertiefung FH ist zum Fall des Wassers bestimmt, das auf den Boden HL ausfließt, der breiter ist als das Rad, um dem Wasser die größte Leichtigkeit im Abfließen zu verschaffen.

Nun wollen wir die Bewegung des aus dem Schutzbrette fließenden Wassers untersuchen; seine Richtung ist beinahe ganz streifend an der Kreislinie des Rades. Wenn der Anfang der Oberfläche der Schaufeln selbst ungefähr streifend ist an dieser Kreislinie, so muß man den Stoß des Wassers an diese Oberfläche als unmerklich betrachten. Dieses Wasser wird ohne Anstrengung in jede Schaufel hineingleiten, und seine Geschwindigkeit, indem es in die Schaufel eindringt, wird gleich seyn dem Unterschiede der Geschwindigkeit der Räder und des Wassers in den Gerinnen; das Wasser wird in der Schaufel zu einer Höhe steigen, die fast gleich ist der, welche die Theorie angiebt. Nehmen wir nun an, der Boden BF des Gerinnes sey in einer solchen Lage, daß im Augenblicke, wo die äußere Kante einer Schaufel nach F

kommt, das in diese Schaufel eingeflossene Wasser seine größte Höhe erreicht habe : dies Wasser wird wieder sinken nach dem Durchschnitte der Schaufel, indem es fortwährend auf sie drückt, und wird durch die äußere Kante der Schaufel niederfallen mit einer beziehenden Geschwindigkeit, die fast gleich ist der Geschwindigkeit, die es bei dem Eindringen in die Schaufel hatte; überdies wird das Wasser streifend an der cylindrischen Oberfläche der Schaufel gerichtet seyn in der ganzen Ausdehnung der äußern Kante dieser Schaufel.

Die absolute Geschwindigkeit des Wassers wird gleich seyn seiner beziehenden Geschwindigkeit, weniger die Geschwindigkeit des Rades; und dieser Unterschied muß Null seyn, wenn das Wasser die größte mögliche Wirkung hervorbringen soll. Also muß die beziehende Geschwindigkeit des Wassers, wenn es in die Schaufel fließt, der Geschwindigkeit des Rades gleich seyn; dies erfordert, daß die absolute Geschwindigkeit des Wassers doppelt so groß sey als die absolute Geschwindigkeit des Rades.

In der so eben beschriebenen Vorrichtung geht keine Kraft verloren, weder bei dem Einfließen des Wassers in die Schaufel, noch bei dem Ausströmen desselben.

Die einzigen Verluste an Kraft, die man erleidet, werden folgende seyn: der durch die Zusammenziehung der flüssigen Ader bei dem Ausfluß aus dem Schutzbrett; der durch die Reibung des Wassers im Gerinne; der durch die Reibung des Wassers bei der Wirkung auf die Schaufeln, sowohl wenn es steigt als wenn es sinkt; endlich die kleinen Verluste an Wasser, die bei allen Maschinen dieser Art unvermeidlich sind.

Nachdem er durch die Theorie untersucht hatte, welches die vortheilhafteste Gestalt ist, die man den verschiedenen Theilen der lothrechten Räder und ihrer Gerinne zu geben

hat, erforschte Hr. Poncelet durch Versuche die nützliche Wirkung, die solche vervollkommnete Räder hervorbringen können. Obschon diese Versuche mit einem Radmuster angestellt wurden, das nur 50 Centimeter Durchmesser und 103 Millimeter zur Länge der Schaufeln hatte, so sind sie darum nicht weniger kostbar durch die merkwürdige Uebereinstimmung ihrer Ergebnisse mit denen der Theorie, und durch die großen Vortheile, deren unverwerflichen Beweis sie abgeben.

Hr. Poncelet macht selbst bemerklich, daß Räder nach größerm Maßstabe gebaut, einer genauern Ausarbeitung fähig wären, als das Radmuster, dessen er sich bediente, und daß sie folglich noch günstigere nützliche Wirkungen geben würden als die, zu welchen er gelangt ist.

Er giebt mit vieler Genauigkeit die Ausmessungen des Behälters an, der das bewegende Wasser lieferte, so wie die der Schutzbretter und des Gerinnes. Er erklärt alle Vorsichtsmaßregeln, die man zu nehmen hat, um mit Genauigkeit den Aufwand an Wasser zu messen. Um mit hinlänglich strenger Bestimmtheit, sagt er, die Oeffnung des äußern kleinen Schutzbrettes zu regeln, ließen wir kleine hölzerne Lineale zurüsten, welche zur Breite die verschiedenen festzusetzenden Oeffnungen hatten. Man nahm alle möglichen Vorsichtsmaßregeln um sich zu versichern, daß sie sich nicht merklich verändert hätten im Augenblicke wo man sie gebrauchen wollte. Dann legte man eine ihrer Seiten auf den schiefen Boden des Gerinnes; man ließ das Schutzbrett hinab, bis sein unteres Ende die andere Seite berührte; dann ließ man das Lineal nach allen Richtungen zwischen dem Schutzbrett und dem Gerinne hingleiten, indem man es genau in einer lothrechten Richtung erhielt. Es ist klar, daß so die Dicke des Lineals auf eine genaue Art die Oeffnung des Schutzbrettes gab.

Um die Höhe des Wassers im Behälter zu bestimmen,

hatten wir zuerst einen Schwimmer gebraucht, der längs an einer mit Graden bezeichneten Stange hinlief; da aber dieser Schwimmer zerbrach, so ersetzte man ihn späterhin durch unmittelbare Messung der Tiefe des Wassers mit Hilfe eines Lineals von Kutsch, das in Millimeter getheilt war. Dies Maß wurde mehreremale während des nämlichen Versuches genommen, um zu bestätigen, daß die Wasserhöhe sich nicht merklich verändert hatte.

Die Art, die Wasserhöhe zu regeln, ist, wie man weiß, der feinste und schwierigste Theil dieser Art von Versuchen; sie erfordert viele Sorgfalt und Geduld. Da wir übrigens die mehr oder minder sinnreichen Mittel nicht zur Hand hatten, die von verschiedenen Schriftstellern gebraucht worden sind, so beschränkten wir uns darauf, daß wir neben dem Kasten, der als Behälter diente, einen Kanal und eine Abflußschütze anbrachten, deren Ausdehnungen zum gänzlichen Abfließen des durch den Bach gelieferten Wassers hinreichten; wenn das kleine Schutzbrett des Rades gehörig aufgezogen war, so regelte man durch ein oft sehr langes ungefähres Errathen die Oeffnung der Abflußschütze; so daß man die beständig gleiche Wasserhöhe erhielt, die der besondre Zweck des anzustellenden Versuches nöthig machte.

Die Zeit wurde gemessen mit Hilfe eines Zählers von Breguet, der halbe Sekunden angab, und die Menge des während einer Sekunde ausgeflossenen Wassers erhielt man durch die Zeit, welche nöthig war zum mehrmaligen Anfüllen eines abvisirten Troges, der genau 84 Liter enthielt.

Man hat immer nur die Versuche für gut gezählt, welche, mehrmals wiederholt, nur Unterschiede von halben Sekunden in der Gesammtdauer des Ausfließens gaben; und so that man es immer für alle Arten von Versuchen, die in der Folge sollen beschrieben werden.

Hr. Poncelet erklärt alsdann merkwürdige Wirkungen der Zusammenziehung der Flüssigkeit bei dem Ausströmen aus dem Schutzbrett, und die Mittel, den Unregelmäßigkeiten dieser Zusammenziehung abzuhelfen.

Dieser gelehrte Ingenieur, um die nützliche Wirkung seines Rades zu messen, hat sich des nämlichen Mittels bedient wie Smeaton; nämlich, er hat das Gewicht berechnet, welches dies Rad erheben kann, wenn das Gewicht an ein Seil befestigt ist, das auf dem Wellbaume des Rades sich aufrollt.

Er beschäftigte sich zuerst damit, annäherungsweise den Widerstand der Luft zu berechnen, so wie den, welcher bewirkt wurde durch die Steifheit des Seiles oder der Schnur, woran das Gewicht hieng, und durch die Reibung der Zapfen. Er maß diese Widerstände, indem er das Rad umtrieb durch die bloße Wirkung von Gewichten, die in einem Sack gebunden an der Schnur hiengen; Gewichte, die folglich nur die verschiedenen Arten von Widerständen zu überwinden hatten, von welchen eben die Rede war. Damit das Rad eine gleichförmige Bewegung bekäme, ließ man es zuerst zehn vollständige Umläufe machen durch die Wirkung eines gleichbleibenden Gewichtes. Der Anfang und das Ende jedes Umlaufes wurden überdies sehr genau angezeigt durch einen am Zapfen des Wellbaumes befestigten Zeiger. Vom zehnten Umlauf an zählte man genau und mehrmals die Zeit, die nöthig war um eine gewisse Zahl von Umläufen zu machen, die im Allgemeinen 20 bis 25 betrug. Indem man mit den Gewichten abwechselte, fand man auf diese Art die Widerstände, die von jeder durch das Rad angenommenen Geschwindigkeit herrührten; und man konnte diese Widerstände in Anschlag bringen, als das Rad, in Bewegung gesetzt durch das Wasser eines Gerinnes, jene verschiedenen Geschwindigkeiten annahm. Diese Methode, setzt Hr. Poncelet hinzu, die

von verschiedenen Schriftstellern gebraucht wurde, ist jedoch nicht ganz genau nach mathematischer Strenge; denn da das Rad eine Gewalt vom Wasser aushält, wenn es durch dieses bewegt, und der Sack sogleich mehr beschwert wird, als wenn das Rad ohne Wasser läuft, so sind einerseits die Spannungen, folglich auch die Steifheit der Schnur stärker, und andererseits sind auch der Druck und die Reibung auf den Zapfen nicht mehr dieselben.

Ohne Zweifel wäre es sehr schwierig, diese letztern Ursachen zu berücksichtigen bei Versuchen, die sehr oft müssen wiederholt werden. Glücklicherweise geschehn Abzüge und Vergütungen, welche in den verschiedenen Fällen die Gesammtsumme der Widerstände vermindern; eine Summe, die übrigens immer viel geringer ist als der Widerstand, den man durch die Versuche fand, welche man mit dem Rad ohne Wasser anstellte.

Vermittelst der eben beschriebenen Vorsichtsmaßregeln hat der Verfasser folgende Tafel verfertigt:

Tafel der vom Rade gehobenen Gewichte und gelieferten Thätigkeitsgrößen, unter einer Oeffnung des Schutzbrettes von 3 Centimetern und einem Fall von 234 Millimetern.

Nummern d. Versuche.	Zeit, für 25 Radumläufe.	Zahl der Umläufe in einer Sekunde.	Höhe, zu welcher das Gewicht in einer Sekunde gehoben wird.	Erhobenes Gewicht, das des Sackes mitbegriffen.	Gewicht, das den Widerständen d. Gleichgewicht hält.	Vom Rade erhobenes Gesammtgewicht.	Vom Rade gelieferte Thätigkeitsgröße.
	Sek.	Umläuf.	Millim.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
1	19.50	1.2821	0.2805	0.000	0.222	0.222	0.0628
2	23.20	1.0776	0.2358	1.000	0.190	1.190	0.2806
3	23.50	1.0638	0.2328	1.100	0.180	1.280	0.2980
4	24.00	1.0417	0.2279	1.200	0.176	1.376	0.3136
5	24.40	1.0246	0.2242	1.300	0.174	1.474	0.3305
6	24.80	1.0081	0.2206	1.400	0.172	1.572	0.3468
7	25.20	0.9921	0.2171	1.500	0.170	1.670	0.3626
8	25.60	0.9766	0.2137	1.600	0.167	1.767	0.3776
9	26.00	0.9615	0.2109	1.700	0.164	1.864	0.3922
10	26.50	0.9434	0.2064	1.800	0.160	1.960	0.4045
11	27.00	0.9259	0.2026	1.900	0.158	2.058	0.4170
12	27.50	0.9091	0.1989	2.000	0.156	2.156	0.4288
13	28.00	0.8929	0 1954	2.100	0.154	2.254	0.4404
14	28.50	0.8772	0.1919	2.200	0.152	2.352	0.4513
15	29.00	0.8621	0.1886	2.300	0.150	2.450	0.4621
16	29.50	0.8485	0.1854	2.400	0.149	2.549	0.4726
17	30.10	0.8306	0.1817	2.500	0.148	2.648	0.4811
18	30.60	0.8170	0.1788	2.600	0.145	2.745	0.4908
19	31.30	0.7987	0.1748	2.700	0.142	2.842	0.4968
20	32.00	0.7813	0.1709	2.800	0.140	2.940	0.5024
21	32.50	0.7692	0.1683	2.900	0.137	3.037	0.5111
22	33.50	0.7463	0.1633	3.000	0.134	3.134	0.5118
23	34.30	0.7289	0.1595	3.100	0.131	3.231	0.5153
24	35.00	0.7143	0.1563	3.200	0.128	3.328	0.5202
25	35.50	0.7042	0.1541	3.300	0.126	3.426	0.5279
26	36.50	0.6849	0.1499	3.400	0.123	3.523	0.5281
27	37.50	0.6667	0.1459	3.500	0.120	3.620	0.5282*
28	38.50	0.6494	0.1421	3.600	0.115	3.715	0.5279
29	39.50	0.6329	0.1385	3.700	0.110	3.810	0.5277
30	41.00	0.6097	0.1334	3.800	0.108	3.908	0.5213
31	42.50	0.5882	0.1287	3.900	0.106	4.006	0.5156
32	44.00	0.5682	0.1243	4.000	0.103	4.103	0.5100
33	45.50	0.5495	0.1202	4.102	0.100	4.202	0.5051
34	52.75	0.4739	0.1037	4.417	0.088	4.505	0.4672
35	96.75	0.2583	0.0565	5.119	0.068	5.187	0.2931

* Maximum.

Man sieht, sagt Hr. Poncelet, daß die von dem Rade gelieferten Geschwindigkeiten und Thätigkeitsgrößen einem sehr regelmäßigen Gange folgen, obschon die Zahlenberechnungen bis auf die vierte Decimalzahl getrieben sind.

Der Verfasser hat sich versichert, daß die so durch die Erfahrung gegebenen Gesetze denen sich nähern, welche die Theorie kennen gelehrt hat. Das von der vorherangezeigten Theorie gegebene Verhältniß ist folgendes: $P = 203,894\ D\ (V - v)$ Kilogrammen (1).

Dieses Verhältniß stimmt so zu sagen streng genau mit den vorgeschriebenen Versuchen überein, bis zu Nro. 31, wo die Abweichungen anfangen merklich zu werden, und immer zuzunehmen. Also stimmt in den dreißig ersten Fällen die Erfahrung ganz mit der Theorie überein. Für die vier oder fünf letzten Ausnahmen muß man sich erinnern, daß die Gleichheit, die man so eben angemerkt hat, in der Hypothese aufgestellt ist, wo die Schaufeln Höhe genug hätten, um dem Wasser nicht zu gestatten, daß es darüber hinweg abfließe; eine Annahme, die vom 31sten Versuche an nicht mehr erfüllt wird. Das Maximum der Thätigkeit oder nützlichen Wirkung, die das Rad hervorbringt, entspricht dem 27sten Versuche, für welchen die Zahl der in einer Sekunde gemachten Umläufe 0,6667 ist, das heißt zwei Drittel eines Umlaufes in einer Sekunde; die Theorie giebt nur 0,61. Durch eine scharfsinnige und einfache Betrachtung zeigt Hr. Poncelet, daß das Verhältniß der mittlern Geschwindigkeit des Wassers zu dem von der Kreislinie des Rades durchlaufenen Raum ausgedrückt wird durch die Zahl 0,52, indeß die Theorie die Zahl 0,5 giebt. Der kleine Unterschied von 2 Hunderttheilen findet sich sogar inbegriffen in den Grenzen

---

(1) P, Druck; v, Geschwindigkeit des Rades; V, die des Wassers; D, Masse des in einer Sekunde aufgewendeten Wassers.

der Ungewißheit der annähernden Methode, die dieser Ingenieur befolgt hat, um zu der Bestimmung der Zahl 0,52 zu gelangen.

Er sucht dann das Verhältniß zu vergleichen zwischen der von dem Rade, für den Fall des Maximums der Wirkung, und der wirklich von dem bewegenden Wasser aufgewendeten Größe der Thätigkeit. Vermittelst Berechnungen, deren Umständlichkeiten wir hier nicht geben können, findet er, daß dieses Verhältniß ist 0,741. Dies Verhältniß, sagt er, ist fast 2½ mal dem gleich, welches Smeaton gefunden hat für die gewöhnlichen Räder, und entfernt sich nur wenig von dem durch die besten bekannten Wasserräder gelieferten Ergebniß. Wendet man die Theorie zur Aufsuchung des nämlichen Verhältnisses an, so findet man die Zahl 0,740. Dies ist, sagt der Verfasser mit Recht, ein Grad der Annäherung, den man nicht hoffen durfte, in Versuchen von der Art wie die, welche uns beschäftigen.

Der letzte Theil der schönen Arbeit des Hrn. Poncelet hat zum Zweck, die Gesetze vom Abfließen des Wassers zu bestimmen in der Maschine, die er für die vorbeschriebenen Versuche gebraucht hat. Er fieng damit an, die Umstände vom Ausfließen des Wassers durch das Schutzbrett und das Gerinne zu beobachten, deren er sich bediente; er maß die Geschwindigkeit dieses Wassers. Um die Gestalt zu bestimmen, welcher die obere Fläche der Flüssigkeit im Gerinne folgt, legte er ein Stück Holz senkrecht auf die Richtung des Gerinnes, und machte durch dasselbe Nadeln gehn, die lothrecht, gleich weit von einander entfernt und alle in derselben, auf der Richtung der Strömung senkrechten, Ebene angebracht waren. Indem er nach und nach jede der Nadeln so senkte, daß das untere Ende derselben genau oben auf der Oberfläche der Flüssigkeit stand, verschaffte er sich eine Reihe von gleichlaufenden Ordinaten. Die zusammenhängende krumme

Linie, die man durch das Ende aller dieser Ordinaten gehen läßt, stellt den queren Umfang des Wassers im Gerinne dar. Man hat folglich dadurch den Durchschnitt des im Gerinne fließenden Wassers erhalten. Theilt man den Aufwand der Strömung durch den Durchschnitt des Wassers, der so bestimmt worden ist, so wird man die mittlere Geschwindigkeit der Flüssigkeit erhalten.

Damit diese Beobachtungen mit Erfolg gemacht werden können, muß man das Ausfließen recht gleichförmig gemacht haben; dies hat Statt, wenn die Höhe des Wassers vollkommen geregelt ist in dem Behälter, und kein unregelmäßiges Hinderniß der Bewegung der Flüssigkeit schadet, wenn sie aus dem Schutzbrett fließt und im Gerinne vorrückt.

Um die unmerkliche Bewegung zu erleichtern, die man nothwendig den Nadeln geben muß, um sie genau an den Punkt zu bringen, den sie haben sollen, regelt man ihr Einsinken durch einen Theil eines Schraubenganges, der an der Stelle der Nadel angebracht ist, welcher durch das querliegende Stück Holz geht. Sind alle möglichen Vorsichtsmaßregeln genommen, und ist die Höhe des Wassers über der Schwelle des Schutzbrettes genau bestimmt, so mißt man den wirklichen Aufwand in Litern, um ihn mit dem Wasseraufwand nach der Theorie zu vergleichen: das Verhältniß dieser beiden Aufwände, die Geschwindigkeit des Wassers bei dem Austreten aus dem Schutzbrette nach der Theorie, endlich das Verhältniß der wirklichen Geschwindigkeiten in dem zusammengezogenen Durchschnitt, zu den Geschwindigkeiten der Theorie: das Verhältniß der wirklichen Geschwindigkeiten am Rad und im zusammengezogenen Durchschnitt, und das Verhältniß der wirklichen Geschwindigkeiten am Rade zu den theoretischen Geschwindigkeiten.

Hr. Poncelet stellt zur Unterstützung seiner Erfahrungsver-

suche Bemerkungen und Berechnungen auf, die wir in dieser kurzen Entwicklung nicht angeben können.

Der vierte und letzte Theil seiner Arbeit hat zum Zweck die Untersuchung über die Thätigkeitsgröße, welche von Rädern mit krummen Schaufeln mitgetheilt wird. Nachdem er, wie eben gesagt, in den verschiedenen Fällen seiner Versuche, die wirklichen Geschwindigkeiten und die Wasseraufwände bestimmt hat, sucht Hr. Poncelet das Verhältniß der wirklichen Geschwindigkeiten des Wassers an den Schaufeln der Räder zu den, nach der Theorie, von der Höhe des Wassers über dem Mittelpunkte der Mündung herrührenden Geschwindigkeiten des Wassers und des Rades für den Fall des Maximums der Wirkung. Das Verhältniß zwischen der Thätigkeitsgröße des Wassers und der des Rades weicht im Allgemeinen wenig ab von der Zahl 0,5, welche die Theorie angiebt. Für das Maximum der Wirkung ist das Verhältniß zwischen der Thätigkeitsgröße des Wassers und der des Rades nie unter 0,6, und steigt sogar in einigen Fällen bis über 0,75; während dies Verhältniß bei den gewöhnlichen unterschlächtigen Rädern, nach Smeaton, nur 0,30 nach mittlerm Werth ist: dies bestätigt den Vorzug der neuen Einrichtungen.

Seitdem Hr. Poncelet seine Denkschrift in dem Bulletin der Aufmunterungsgesellschaft herausgegeben hat, ließ Hr. Robert, Eigenthümer der Hammerwerke zu Falck, im Moseldepartement, ein Wasserrad nach dem System dieses Schriftstellers erbauen. Die im Großen durch die Praxis gelieferten Ergebnisse kommen denen des Musters sehr nahe, das man bei den Versuchen von Hrn. Poncelet gebrauchte. Man findet wirklich, daß das Verhältniß der vom bewegenden Wasser gelieferten Thätigkeitsgröße zu der im Großen hervorgebrachten nützlichen Wirkung 0,73 ist, indeß Hr. Poncelet mit seinem Musterrade 0,75 gefunden hatte. Man muß bemer-

ken, daß das Rad der Mühle von Falck eine Geschwindigkeit hatte gleich $^{61}/_{100}$ der Geschwindigkeit des Wassers. Diese letztere war folglich etwas stärker, als es der Fall des Maximums verträgt.

Rechnet man nur auf die wirkliche Arbeit von zweimal hunderttausend Menschen, die der unterschlächtigen Räder, und derer, wo das Wasser von der Seite einfließt, die sich in Frankreich befinden, und nimmt man an, was ich zu stark glaube, daß diese wirkliche Arbeit das Drittel der aufgewendeten bewegenden Kraft ist, so sieht man aus der Rechnung und den Thatsachen, die wir eben anführten, daß Hrn. Poncelets Vervollkommnungen gestatten unmittelbar, mit der nämlichen Zahl von Wasserrädern, eine Vermehrung von wirklicher Arbeit zu erhalten, die gleich ist 200.000 × $^{75}/_{30}$, das heißt, gleich der wirklichen Arbeit von 500.000 Menschen. So groß kann also die Wohlthat werden, die durch eine einzige Verbesserung in dem Bau der Wasserräder bewirkt wird.

Es ist merkwürdig, die Wirkung dieser Räder mit der des hydraulischen Stoßhebers zu vergleichen. Wir können dies vermittelst einer Tabelle, die man Hrn. Eytelwein verdankt, einem Gelehrten, den wir in der VIIIten Vorlesung schon angeführt haben.

Hr. Eytelwein hat das Verhältniß der vom hydraulischen Stoßheber hervorgebrachten nützlichen Wirkung zu der Größe der aufgewendeten bewegenden Kraft berechnet, indem er annahm, daß die Erhebung des Wassers durch die Wirkung des Stoßhebers nacheinander 1, 2, 3.... 20mal die lothrechte Höhe wäre, welche die Kraft des Wassers mißt, die man anwendet, um den Stoßheber in Thätigkeit zu setzen. Hier folgt das Ergebniß seiner Untersuchungen.

Verhältniß der Erhebung des Wassers durch die Wirkung des Stoßhebers zur Höhe vom Fall des bewegenden Wassers.	Verhältniß der durch den Stoßheber erhaltenen nützlichen Wirkung mit der aufgebrauchten bewegenden Kraft.
1 oder Gleichgewicht zwischen den beiden Höhen	0,920
2	0,837
3	0,774
4	0,720
5	0,673
6	0,630
7	0,591
8	0,555
9	0,520
10	0,488
11	0,457
12	0,427
13	0,399
14	0,372
15	0,345
16	0,320
17	0,295
18	0,272
19	0,248
20	0,226

Diese Tabelle beweiset, daß die von dem Stoßheber hervorgebrachte nützliche Wirkung um so vortheilhafter ist, je weniger die durch diese Maschine zu bewirkende Erhebung des Wassers die Fallhöhe des bewegenden Wassers übersteigt.

Im Fall, wo man das Wasser zu einer vielmal größern Höhe heben sollte, als die jenes Falles ist, würde man ein vortheilhafteres Ergebniß erhalten, wenn man sich mehrerer Stoßheber bediente, von welchen jeder das Wasser auf eine minder beträchtliche zwischenliegende Höhe heben müßte. Das Wasser des ersten Stoßhebers, in einen ersten Behälter ausgegossen, würde zuerst ein wenig hinabfließen, um sich zum Theil weiter zu heben mit Hilfe des zweiten Stoßhebers. Dieser würde eben so zum Anfüllen eines zweiten Behälters benützt, dessen Fall dazu dienen würde, einen dritten Stoßheber in Thätigkeit zu setzen, u. s. f.

Hr. Eytelwein hat die Vergleichung der nützlichen Wirkungen der beiden vornehmsten Arten von Wasserrädern mit denen der Stoßheber gegeben: folgendes sind die Ergebnisse, die er aufstellt.

Wenn die Erhebung des Wassers viermal der Fallhöhe gleich seyn soll, so erhebt der Stoßheber ein Siebentel mehr Wasser, als die durch ein Zellenrad in Bewegung gesetzten Pumpen. Die Wirkung dieses Rades und der Stoßheber ist dieselbe, wenn die Erhebung des Wassers sechsmal der Fallhöhe gleich kommen soll. Endlich, wenn man das Wasser mehr als sechsmal so hoch als die Fallhöhe ist, erheben soll, dann ist es weniger vortheilhaft, Stoßheber als Zellenräder zu gebrauchen.

Aus der Vergleichung des Stoßhebers mit dem Schaufelrade des Hrn. Poncelet sieht man, daß die nützliche Wirkung die nämliche ist, wenn die Erhebung des Wassers viermal der Fallhöhe des bewegenden Wassers gleichkommt; der Stoßheber ist vortheilhafter, wenn das Verhältniß über vier, und minder vortheilhaft, wenn es unter dieser Zahl ist.

Es bleibt uns noch übrig, von einem letzten Mittel zu sprechen, das man zur Fortpflanzung der Kraft des Wassers

gebrauchen kann, nämlich von der Wassersäulenmaschine. Man gebraucht diese Maschine um Pumpen in Bewegung zu setzen mit der durch einen Wasserfall gegebenen Kraft, dessen Höhe sehr beträchtlich ist. Wenn man eine lothrechte Röhre mit Wasser füllt, deren Höhe diesem Fall gleich ist, so wird die Grundfläche der Röhre einen Druck erleiden, der im Verhältniß steht zu der Höhe der im Rohr enthaltenen Wassersäule. Man kann diesen Druck anwenden um Pumpen in Bewegung zu setzen.

Im Jahr 1731 machten die Hrn. Denisart und de la Deuille eine Maschine bekannt, die sie nach diesen Grundsätzen erfunden hatten. Sie gebrauchen zwei lothrechte Röhren mit Wassersäulen, deren eine oben, die andere unten auf den Stämpel einer Pumpe drückt. Man läßt diese Drückungen abwechselnd wirken, und dadurch steigt und sinkt der Stämpel. Die bewegende Kraft der Wassersäule wirkt in dieser Maschine völlig wie die Kraft des Dampfes in den sogenannten Maschinen von doppelter Wirkung.

Man hat auch Wassersäulenmaschinen mit einfacher Wirkung verfertigt. So ist die, welche Holl zu Schemnitz im Jahr 1751 baute. Es ist dabei nur Eine Wassersäule, deren Höhe 90 Meter beträgt. Dieses Wasser steht durch eine wagerechte Leitröhre mit dem untern Theil eines Pumpenstockes in Verbindung; die Stange des Stämpels ist befestigt an dem einen Arm eines Hebels, dessen andrer Arm den Stämpel einer Pumpe faßt, die zu Ausschöpfungen bestimmt ist. Es sind zwei Hähne angebracht; der eine A, den man öffnet um die Wassersäule mit dem ersten Pumpenstock in Verbindung zu setzen; der andre B, den man öffnet, um das in den Cylinder eingeströmte Wasser auslaufen zu lassen. 1) ist B geschlossen und A aufgedreht, so fließt das Wasser der Säule in den ersten Pumpenstock, dessen Stämpel es aufhebt. Dies macht, durch die Wirkung des Hebels oder

Balanciers (Wagbaums), den Stämpel der Ausschöpfungspumpe sinken. 2) Ist die vorige Bewegung geendigt, so öffnet man B und schließt A; die Wassersäule hört dann auf, in den ersten Pumpenstock zu drücken; das in denselben einströmte Wasser fließt ab, und der in diesem Stock enthaltene Stämpel sinkt durch die Uebermacht seines Gewichtes, indem er den Stämpel der Ausschöpfungspumpe zugleich steigen macht.

Wir bedauern, daß Mangel an Raum uns nicht erlaube, die Entwicklung einer vortrefflichen Denkschrift über die oberschlächtigen Räder mit krummen Zellen hier zu geben, von Hrn. Benoit, ehmaligem Zögling der polytechnischen Schule. Siehe Annalen der Industrie, Nro. 73.

HANDWERKE

L

L

L

Zehnte Vorlesung.

Gleichgewicht der luftförmigen Flüssigkeiten.

Wir wollen nun von dem Gleichgewichte der Gase oder luftförmigen Flüssigkeiten sprechen, die man so nennt, weil alle die Form und die mechanischen Eigenschaften der gewöhnlichen Luft haben, aus welcher unser Luftkreis besteht.

Wenn man unten in ein mit Wasser angefülltes Gefäß Luft hinein bringt, so sieht man daß sie in Gestalt von mehr oder weniger großen Blasen davon fliegt und mit einer immer größern Geschwindigkeit nach der obern Fläche der Flüssigkeit steigt: eben so sieht man, wenn man Wasser sieden macht, Blasen von Wasserdampf auf dem Boden entstehen, nach der Oberfläche steigen und im Sieden zerplatzen.

Aus der Beobachtung dieser Erscheinungen und noch einiger andern, welche bei dem Spiel der Pumpen hervorgebracht werden, hatten die Alten geschlossen, daß die Luft und die Dämpfe oder Gase keine Schwere hätten, und daß sie, weit entfernt nach dem Mittelpunkt der Erde zu streben, vielmehr angetrieben würden sich davon zu entfernen, durch eine ihnen eigenthümliche Kraft. Das war ein großer Irrthum, der allein hingereicht hätte, einen wichtigen Zweig der natürlichen Wissenschaften in der Kindheit zu erhalten.

Wir werden bald diese Eigenschaft erklären, welche die luftartigen Flüssigkeiten haben, über die tropfbaren emporzusteigen; für jetzt wollen wir uns damit begnügen, eine sinnreiche Anwendung dieser Eigenschaft kennen zu lernen,

um mit großer Genauigkeit wagerechte Richtungen zu bestimmen.

Denken wir uns einen Cylinder AB, Taf. V, Fig. 1, der überall völlig gleich weit, voll Wasser ist, eine Luftblase D enthält, und dessen beide Ende verschlossen sind. Erhebe ich das Ende B mehr als das Ende A, so wird die Blase D, um sich so hoch als möglich zu erheben, nach D', gegen das Ende B zu, steigen. Erhebe ich hingegen das Ende A mehr als B, so wird die Blase D nach D", dem höchsten Punkte gegen A hin, laufen. Endlich wird nur wenn AB völlig wagerecht liegt, die Blase mitten zwischen AB ruhig bleiben können. Also kann man so bestimmen: 1) ob eine gegebene Richtung AB wagerecht ist; 2) ob sie es nicht ist; und dann sieht man, nach welcher Seite man das Rohr erheben muß, um sie wagerecht zu machen. Dies ist die Wasserwage mit der Luftblase, die man braucht in den feinsten Verrichtungen der astronomischen Wissenschaften und der Künste, die sich auf große öffentliche Arbeiten beziehen.

Pascal und später Galilei haben bewiesen, daß die atmosphärische Luft ein schwerer Körper ist, wie die festen und flüssigen Körper. Um diesen Beweis zu geben wägt man zuerst ein gläsernes Gefäß, das voll Luft ist, in seinem natürlichen Zustande. Dann bringt man mit Gewalt noch neue Luft in dieses Gefäß, und nach dieser Verrichtung ist das Gefäß schwerer. Dieser Ueberschuß an Gewicht ist genau das Gewicht der neuen, mit Gewalt in das Gefäß gebrachten Luft. Derselbe Versuch mit Wasserstoff- oder kohlensauerm Gas, oder jeder andern luftartigen Flüssigkeit angestellt, giebt immer ein ähnliches Ergebniß; also können wir daraus schließen daß die Luft und die Gase schwere Körper sind.

Bloß die Entdeckung dieser Wahrheit verändert in unsern

Augen die Ansicht von allen Erscheinungen, die das Gleichgewicht und die Bewegung der Körper auf der Oberfläche der Erde darstellen.

Wenn die Luft schwer ist, so wird jeder Punkt dieser Flüssigkeit gedrückt durch das Gewicht der ganzen Luftsäule, die er trägt. Nun geschieht dieser Druck nicht nur von oben nach unten, sondern mit gleicher Gewalt nach allen möglichen Richtungen, um den nämlichen Punkt her. Dieser Druck bringt auf das Leben, auf die Kraft der Thiere und Gewächse, auf die Art des Daseyns der Mineralien fortdauernde Wirkungen hervor, die von der höchsten Wichtigkeit sind, und die wir bald wollen kennen lehren.

Tropfbare Flüssigkeiten, wie Wasser, Wein, Oel, Quecksilber, u. s. w., erleiden nicht nur in jedem Punkte Drückungen, die gleich sind dem Gewichte der ganzen Säule von Flüssigkeit, welche dieser Punkt trägt; sie tragen überdies das ganze Gewicht der Luftsäule, die gerade über der Säule von Flüssigkeit steht: so daß die an der obern Fläche liegenden Punkte der Flüssigkeit, statt einen Druck gleich Null zu ertragen, vielmehr den ganzen Druck des Luftkreises erleiden.

Es giebt Flüssigkeiten, die in diesem flüssigen Zustande nur erhalten werden durch den auf ihre Oberfläche wirkenden Druck des Luftkreises; und wirklich, sobald man diesen Druck aufhebt, gehen sie in den Zustand von Gasen über: so ist der Aether.

Der Druck, den der Luftkreis auf alle Flüssigkeiten bewirkt, giebt ein einfaches Mittel an, das Gewicht einer lothrechten Säule des Luftkreises zu bestimmen, wenn die Grundfläche gegeben ist. Man nimmt eine gläserne Röhre AB, Fig. 2, die mehr als 8 Decimeter lang, und in A verschlossen ist: nachdem man sie mit wohlgereinigtem Quecksilber gefüllt hat, stellt man sie aufrecht in der Fig. 2

vorgestellten Lage. Dann bemerkt man daß das Queckſilber ſinkt vom Punkt A an, was in dieſem Theil einen leeren Raum hervorbringt. Das Queckſilber, nachdem es durch den langen Schenkel der Röhre hinabgeſunken iſt, ſteigt im kurzen, und verbreitet ſich in der Kugel B: ſo daß ein gewiſſer Unterſchied entſteht zwiſchen den Höhen der Oberflächen *mn* und *pq*.

Nehmen wir an, man verlängere den kurzen Schenkel der Röhre ſo hoch, als der Luftkreis der Erde reicht. Dies wird im Gleichgewichtsſtande nichts ändern; aber dann werden wir zwei Flüſſigkeiten in einer gebogenen Röhre haben. Wenn wir die wagerechte Linie *p'q'pq* ziehen, ſo müſſen die von jedem Punkt dieſer Schnitte ausgehaltenen Drückungen auf beiden Seiten gleich ſeyn. Nun trägt *p'q'* das Gewicht der flüſſigen Säule *p'q'mn*, während *pq* das Gewicht der Luftſäule trägt. Alſo iſt endlich das Gewicht der Luftſäule gleich dem Gewichte der Säule von Flüſſigkeit, da die beiden Säulen eine gleiche Grundfläche haben.

Nimmt man Queckſilber als Flüſſigkeit, ſo bemerkt man daß die Queckſilberſäule *p'q'mn* nicht viel über 81 Centimeter beträgt in den niedrigſten Orten der Oberfläche der Erde. Aber am nämlichen Orte wechſelt dieſe Höhe, und folglich auch das Gewicht der Luftſäule, nach den Veränderungen, die der Zuſtand des Luftkreiſes erleidet.

Alſo bei allen Verſuchen, in allen Arbeiten, wo man alle Kräfte in Anſchlag bringen will, welche die Natur in Thätigkeit ſetzt, muß man, im Augenblicke der Arbeiten oder Verſuche, bemerken, welches die Höhe der Queckſilberſäule iſt, die den Druck vorſtellt, welchen die atmoſphäriſche Luft auf alle Körper ausübt an dem Orte, wo man arbeitet.

Man nennt Barometer (Luftſchweremeſſer, Wetterglas) das koſtbare Werkzeug, welches zum Meſſen der von der atmoſphäriſchen Luft ausgeübten Drückungen dient. Die

Kenntniß und der Gebrauch dieses Werkzeuges müssen allen denen genau bekannt seyn, die auf eine aufgeklärte Weise die mechanischen Wissenschaften betreiben.

Ich will mich hier nicht mit den Grundsätzen aufhalten, die zur Verfertigung und Berichtigung von guten Barometern dienen können. Man findet diese Mittel in allen Werken über die Physik erklärt.

Gebraucht man statt des Queckſilbers Wasser, so müßte, da es wenigstens 13 1/2 mal leichter ist als jenes Metall, die Säule *mnp'q'* 13 1/2 mal höher seyn, um das nämliche Gewicht darzustellen. Daher, wenn das Queckſilber 76 Centimeter hoch steht, erhebt sich das Wasser 13,5 × 76, oder genauer $10^{Met.}$,336 hoch. Also um ein Wassersäulen-Barometer zu gebrauchen, müßte der Unterschied an Länge der beiden Schenkel der Röhre über 10 1/3 Meter betragen. Ein solches Werkzeug wäre weder tragbar, noch leicht zu verfertigen.

Eine bei dem Gebrauche des Barometers wesentlich nothwendige Beobachtung ist die Störung, welche die Abwechslungen der Luftwärme in der Genauigkeit des Werkzeuges hervorbringen. Siehe die zwölfte Vorlesung, die von der Wärme handelt.

Eine der schönsten Anwendungen des Barometers ist die, welche man davon macht zum Messen der Höhe der Berge. Ehe wir sie erklären ist es nöthig, die Schwere der Gase auf mehr oder minder beträchtlichen Höhen zu erforschen.

Wenn die atmosphärische Luft in Ruhe ist, so trägt, wie wir bemerkt haben, jedes ihrer Theilchen einen Druck, der vorgestellt wird durch das Gewicht der ganzen lothrechten Luftsäule, deren Grundfläche jenes Theilchen ist. Aber die elastischen Flüssigkeiten haben die Eigenschaft, daß sie sich zusammendrücken lassen im Verhältniß zu den Gewichten, die sie tragen. Theilen wir nun eine Flüssigkeit wie die Luft in wagerechte Schichten, so werden wir sehen daß alle gleich-

hoch liegende Theilchen, um im Gleichgewicht zu seyn, die nämlichen Drückungen ertragen und folglich gleichmäßig zusammengedrückt seyn müssen. Also ist die Dichtigkeit der Schichten von Flüssigkeit die nämliche in der ganzen Ausdehnung jeder wagerechten Schicht; aber sie wechselt ab für verschiedene Schichten: sie wird immer größer wenn man sich den untern Schichten nähert, immer geringer, je höher man steigt.

Man hat gefunden, daß die Dichtigkeiten einer geometrischen Progression folgen, während die Dicken der Schichten nach einer arithmetischen Progression zu- oder abnehmen.

Diese schöne Eigenschaft der elastischen Flüssigkeiten genügt der Wissenschaft um nur mit Hülfe zweier Beobachtungen zu bestimmen, welches das Gesetz der Abnahme der Dichtigkeiten einer beliebigen elastischen Flüssigkeit ist, und die Höhe der Säule der Flüssigkeit, von den Punkten aus, wo man beobachtet.

Wenn man das Gewicht der Flüssigkeiten in verschiedenen Höhen kennt, so kann man daraus auf die Höhe schließen, die jedem neuen Gewichte entspricht.

Für die atmosphärische Luft zeigt das Barometer das Gewicht der von dem Werkzeuge getragenen Luftsäule an.

Wenn man sich also auf einer nämlichen lothrechten Linie erhebt, indem man die Höhe mißt, um die man steigt, und in jedem Punkte die Höhen des Barometers beobachtet, so wird man finden nach welchem Gesetze die Dichtigkeiten des Luftkreises abnehmen; folglich wird man die Gesammthöhe des Luftkreises berechnen können.

Ist einmal diese Kenntniß erlangt, so wird es leicht seyn einen Maßstab zu finden, welcher für die über einer bekannten Fläche gegebenen lothrechten Höhen die Höhe bestimmen muß, auf welche das Queckſilber im Barometer steigen soll.

Zum Messen lothrechter Entfernungen über oder unter der als Grundlage angenommenen Fläche darf man nur mit großer Sorgfalt die Höhe des Barometers an der Grenze dieser Entfernung beobachten. So gelangt man dazu, mit merkwürdiger Genauigkeit die Tiefe der Bergwerke und die Höhe der Berge zu bestimmen, sey es in Beziehung auf die Oberfläche irgend einer Ebene, die man als örtliche Grundlage annehmen will, oder in Beziehung auf die Meeresfläche, die man als allgemeine Grundfläche annimmt.

Man verdankt Pascal den ersten Gedanken, die Beobachtung des Barometers auf Ebenen und Bergen zu gebrauchen zur Beurtheilung des Unterschiedes der Dichtigkeit der Luft in verschiedenen Höhen; was er auf dem Puy-de-Dome durch seinen Schwager Perier ausführen ließ. Hundert fünfzig Jahre nachher maß ein Physiker Namens Ramond die Höhe der Berge des Puy-de-Dome und der Pyrenäen durch Barometer-Beobachtungen von außerordentlicher Genauigkeit.

Verweilen wir einen Augenblick bei diesen schönen Ergebnissen der durch Rechnung geleiteten physischen Wissenschaften. Vor drei Jahrhunderten läugnete man die Schwere der Luft. Heutzutage wird nicht nur diese Schwere als wirklich anerkannt, sondern auch mit äußerster Genauigkeit bestimmt in ihren geringsten Veränderungen auf den wichtigsten Punkten der Erde. Das Maß dieser Schwere verkündet uns die großen Veränderungen des Luftzustandes zum schönen Wetter, zum Regen, zu Gewittern, und oft sogar zu Erdbeben: diese Schwere lehrt den Seefahrer und den Reisenden Stürme vorhersehen und die Wiederkehr der Windstille errathen; sie setzt ihn in Stand, sich vor Gefahren zu schützen, die oft aufhören Gefahren zu seyn, bloß weil man sie vorhersieht. Endlich wird diese Schwere der Luft in den Händen des Mechanikers und des Geometers ein Mittel, dessen Maß, vorgestellt durch eine Länge wie das Klafter, der

Meter, der Fuß, ihm dazu dient, ohne Figuren und Zeichnungen, die verglichene Höhe von Oertern zu bestimmen, die durch unübersteigliche Hindernisse oder unermeßliche Entfernungen getrennt sind. So liefert die Vereinigung der Rechenkunst, der Geometrie und der Mechanik nach und nach dem Verstande des Menschen die Kenntniß der Grundbestandtheile der Natur.

Wenn man die nämlichen Maschinen an sehr tiefliegenden Orten zu erbauen hat, wie auf dem Boden gewisser Bergwerke, oder an sehr hohen Orten, wie man sie oft im Innern großer Binnenländer findet, und wenn dann elastische Flüssigkeiten bei diesen Maschinen mitwirken sollen, so würde man in der Vergleichung dieser nämlichen Maschinen wichtige Irrthümer begehn, wenn man keine Rücksicht nähme auf den Unterschied in der Dichtigkeit der Luft, der von der Verschiedenheit der Höhen dieser verschiedenen Orte herrührt.

Ihr werdet sogar sehn, daß der gewöhnliche Druck des Luftkreises für die Wirkung von gewissen Maschinen eine Art von Maßeinheit geworden ist. Man sagt, zum Beispiel: diese Maschine bringt einen Druck von 1, 2, 3, 4..... Atmosphären hervor, je nachdem dieser Druck fähig ist, einer Queckfilbersäule das Gleichgewicht zu halten, die gleich ist dem Doppelten, Dreifachen, Vierfachen, u. s. w., der Säule, die selbst dem einfachen Drucke des Luftkreises das Gleichgewicht hält.

Wenn man auf 10 Meter die Höhe einer Wassersäule berechnet, die an Gewicht gleich ist dem mittlern Drucke des Luftkreises, so wird dieser Druck einen Kilogramm auf jeden Centimeter einer gedrückten Fläche betragen; folglich, wenn eine Fläche dem Druck von 2, 3, 4.... Atmosphären ausgesetzt ist, so wird jeder Quadrat-Centimeter dieser Fläche einen Druck von 2, 3, 4.... Kilogrammen aushalten.

In den Barometer-Beobachtungen, die zu genauen Höhenmessungen dienen sollen, begreift man, daß es unentbehr-

lich ist, Rücksicht zu nehmen auf die Veränderungen des Thermometers (Wärmemessers).

Bis jetzt haben wir nur Eine luftförmige Flüssigkeit betrachtet. Wir wollen nun zwei derselben untersuchen, deren specifische Schweren verschieden sind: die schwerste wird sich natürlich unten hin setzen, die leichtere wird oben schwimmen, und die Trennung beider Flüssigkeiten wird bezeichnet seyn durch eine Schicht, die in allen Punkten wagerecht ist.

Nehmen wir, zum Beispiel, die Mischung von atmosphärischer Luft und von kohlensauerm Gas. Dieses Gas ist jene luftartige Flüssigkeit, die sich in so zahlreichen Bläschen entwickelt, wenn man schäumende Weine, wie Champagner, Bier und gewisse Mineralwasser einschenkt. Man zieht es auch aus der Kreide und vielen andern Stoffen. Dieses Gas ist viel schwerer als die atmosphärische Luft; deswegen zieht es sich, wo es sich entwickelt, immer unter die atmosphärische Luft hinab.

Man erkennt die Gegenwart dieses Gases daran, daß es die Thiere tödtet, die es einathmen, und die Lichter auslöscht, die man darein taucht.

Es giebt Grotten, wie die berühmte Hundsgrotte bei Neapel, die eine gewisse Menge solcher Kohlenstoffluft enthalten. Der Mensch, der aufrechtstehend über die oberste Schicht hinausragt, welche dieses Gas von der gemeinen Luft trennt, athmet ungehindert, und wenn er ein Licht hoch hält, so brennt es wie gewöhnlich. Senkt er aber sein Licht tiefer, so daß es in die untern, mit Kohlenstoffluft gefüllten Schichten einsinkt, so erlöscht das Licht augenblicklich; wenn er selbst sich bückt, muß er sogleich ersticken. Eine gleiche Wirkung wird auf die vierfüßigen Thiere hervorgebracht, deren Leib, wie der des Hundes, nicht hoch genug ist, um über der untern Schicht von Kohlenstoffluft Athem zu schöpfen. Dies ist was in der Hundsgrotte geschieht, die ihren Na-

men eben von der Wirkung hat, deren Daseyn wir angeben.

Die luftartigen Flüssigkeiten verhalten sich also untereinander wie tropfbare von verschiedener Schwere; man kann sie nach den nämlichen Grundsätzen aus einem Gefäß in ein anderes gießen, und die Chemiker machen sehr oft solche Verrichtungen vermittelst der Gaswanne.

Gehn wir nun über zum Gleichgewichte der Körper, die in luftförmigen Flüssigkeiten schwimmen. Die Bedingungen des Gleichgewichts und der Stätigkeit sind auch hier dieselben, wie bei Körpern, die in tropfbaren Flüssigkeiten schwimmen; also muß: 1) das Gesammtgewicht des schwimmenden Körpers gleich seyn dem Gewichte der Gasmasse, die er aus der Stelle treibt; 2) der Schwerpunkt des schwimmenden Körpers und der des weggedrängten Gases müssen beide auf der nämlichen lothrechten Linie seyn. Endlich muß für die Stätigkeit der Schwerpunkt des schwimmenden Körpers unter jenem merkwürdigen Punkte liegen, den wir Metacentrum genannt haben.

Wir kennen keinen festen Körper, der seiner Natur nach specifisch leichter wäre als die atmosphärische Luft. Wenn man aber ein andres Gas, das leichter ist als die Luft, in eine feste Hülle einschließt, so kann man ein Ganzes bilden, das specifisch leichter ist, als die Luft auf der Oberfläche der Erde. Dies nennt man einen Luftball.

Da der Ball leichter ist als die Luft an der Oberfläche der Erde, so erhebt er sich bis zu dem Punkte, wo die weggedrängte Luftschicht das nämliche Gewicht hat, wie er selbst. Dann bleibt der Ball ruhig, wenn sein Schwerpunkt gehörig gelegen ist. Wir wollen sehn, wie die Bedingungen des Gleichgewichts und der Stätigkeit erfüllt werden bei der Verfertigung gewöhnlicher Luftballen.

Man füllt eine Hülle von Seide, die mit Gummi ge-

tränkt ist, mit dem leichtesten der bekannten Gase, mit dem Wasserstoffgas. Man bildet so eine Kugel AB, Fig. 4; man umzieht sie mit einem Netz, an welchem unten das Schiffchen hängt, in welches die Personen steigen, die mit dem Ball in die Höhe fahren wollen.

Ist das Gewicht dieser Verbindung geringer, als das der weggedrängten Luft, so erhebt sich der Ball; und da er symmetrisch ist in Hinsicht auf eine lothrechte Achse, so erhebt er sich lothrecht.

Hernach, da das Schiffchen nebst den darin befindlichen Menschen ein sehr beträchtliches Gewicht hat in Vergleichung mit dem des Wasserstoffgases, so ist der Schwerpunkt des Ganzen in G sehr nahe am Schiffchen, während das Gewicht der verdrängten Luft in M ist, sehr nahe am Mittelpunkte C der Kugel AB. Es ist leicht zu sehn, daß wenn das Schiffchen ein wenig geneigt ist, links zum Beispiel, die lothrechte Linie CE, Fig. 5, die Kraft vorstellt, die den Ball aufwärts treibt, indeß GF die Kraft vorstellt, welche ihn abwärts treibt; diese beiden Kräfte streben, das Ganze wieder gerade zu stellen: es ist also Stätigkeit vorhanden.

Daher, bei dem Aufsteigen der Aerostaten oder Luftballen, obgleich der Ball sich erhebt indem er rechts und links schwankt, nach dem Antrieb des Windes oder der Bewegung der Luftschiffer (Aeronauten), strebt er doch unaufhörlich, wieder seine Gleichgewichtslage anzunehmen.

Will man sich in den Luftkreis über die Gleichgewichtslage des Luftballs hinauf erheben, so wirft man einen Theil des im Schiffchen aufgehäuften Ballastes aus; will man sinken, so läßt man einen Theil des im Ball verschlossenen Gases aus. Nichts ist leichter, als diese beiden Wirkungen zu begreifen.

Die Herren Gay-Lussac und Biot haben sich des Luft-

balls bedient, um die Wärme und Dichtigkeit der Luft in sehr beträchtlichen Höhen zu messen vermittelst des Thermometers und Barometers.

Im Anfang der französischen Revolution machte man von dem Luftball eine bemerkenswerthe Anwendung, um die Bewegungen und Stellungen der feindlichen Armee zu bestimmen, indem man aus dem Schiffchen eines Luftballs sie mit mathematischen Instrumenten beobachtete, und an den gehörigen Orten kleine Zettel auswarf, um jene Stellungen und Bewegungen kund zu thun.

Von den Pumpen. Die Pumpen sind Maschinen, die man braucht zum Erheben von Flüssigkeiten oder Gasen vermittelst einer Saug- oder Druckkraft. Wir wollen zuerst von den Pumpen sprechen, die man zum Erheben von Flüssigkeiten braucht; dann werden wir von jenen reden, welcher man sich bedient um auf Gase zu wirken.

Jede Pumpe stellt zuerst einen hohlen Cylinder dar, der unten in die Flüssigkeit sich taucht, die man zu erheben hat. Ein kurzer und massiver Cylinder, den man Stämpel (**Kolben**) nennt, paßt genau in den Theil dieses Cylinders, der **Pumpenstock** (auch **Pumpenstiefel**) heißt. Eine am Stämpel festgemachte Stange (Stiel) kann ihn auf- und abwärts steigen machen. Endlich stellt der Stämpel eine Oeffnung dar, die sich schließt und öffnet vermittelst eines Deckels, den man **Klappe** oder **Ventil** nennt.

Ist das Ventil offen, so werden die beiden durch den Stämpel getrennten Theile des Cylinders in Verbindung gesetzt; ist das Ventil geschlossen, so sind die beiden durch den Stämpel getrennten Theile des Cylinders völlig von einander geschieden.

Diese ersten Angaben reichen hin, um die Wirkung der Pumpen auf Flüssigkeiten zu erklären.

Das Gewicht des Luftkreises übt auf die an der Oberfläche der Erde befindlichen Körper jeden Augenblick einen Druck aus, der ungefähr gleich ist dem Gewichte, welches die Körper zu tragen hätten, wenn man plötzlich die atmosphärische Luft wegschaffte, und sie durch eine $10\frac{1}{3}$ Meter hohe Wassersäule ersetzte.

Ist ein Pumpenstock unten in eine Flüssigkeit getaucht, wobei wir zu mehrerer Einfachheit annehmen wollen, daß anfangs der Stämpel die Oberfläche der Flüssigkeit berühre, so wollen wir sehn was geschieht, wenn man diesen Stämpel in die Höhe zieht durch eine Gewalt, die man auf seine Stange (Stiel) ausübt.

Wenn die Flüssigkeit in Ruhe bliebe, so müßte sich ein vollkommen leerer Raum zwischen dem Stämpel und dieser Flüssigkeit bilden; also würde im Innern des Cylinders kein Druck mehr auf diesen Theil der Flüssigkeit geübt. Aber der Theil derselben, welcher sich außer dem Cylinder befindet, ist dem ganzen Druck des Luftkreises ausgesetzt. Nach den Gesetzen des Gleichgewichtes, die wir vorher erklärt haben, muß also die Flüssigkeit stufenweise im Cylinder steigen, bis sie sich auf einer Höhe befindet, die gleich ist dem Drucke des Luftkreises.

Denken wir uns, zum Beispiel, man habe Wasser in die Höhe zu heben; wenn ich mit einem Wassersäulen-Barometer die Höhe dieser Säule beobachte im Augenblick, wo ich meine Pumpe in Bewegung setze, so wird sich das Wasser, das im Cylinder steigt, erst von selbst ins Gleichgewicht setzen mit dem Drucke der Luft, wenn es zu einer Höhe gelangt, die gleich ist der Höhe jener Wassersäule, das heißt zu $10\frac{1}{3}$ Meter ungefähr. Hätte ich, statt des Wassers, eine leichtere Flüssigkeit zu pumpen, wie Oel zum Beispiel, so müßte dieses Oel, um sich mit dem äußern Drucke des Luftkreises ins Gleichgewicht zu setzen, sich noch höher erheben. Es würde zu der ganzen Höhe einer Säule desselben Oeles steigen, die in einem Barometer befindlich wäre, den man in diesem Augenblicke beobachten würde.

Gebrauchte ich hingegen die Pumpe zur Erhebung einer Flüssigkeit, die viel schwerer wäre als das Wasser, wie das Quecksilber ist, zum Beispiel, so würde dieses Queckſilber in dem Cylinder viel weniger hoch steigen. Die Höhe der Säule dieser Flüssigkeit würde nur etwa auf 76 Centimeter steigen, wenn ich mich auf die Höhe der Oberfläche des Meeres stellte bei einer Luftwärme, die gleich ist der des schmelzenden Eises.

Aus diesen Erklärungen sieht man, daß wenn man den Stämpel

in die Höhe zieht, die Flüssigkeit der Bewegung desselben folgt bis zu einer gewissen Grenze, die von der specifischen Schwere dieser Flüssigkeit abhängt. Jenseits dieser Grenze aber, welches auch die Höhe seyn mag, zu welcher der Stämpel sich erhebt, steigt ihm die Flüsstgkeit nicht mehr nach, sie bleibt stille stehn. Dies also ist die Grenze der Wirkung, die man von der Bewegung der Pumpe erwarten kann, welche nur saugend wirkt, und daher nur ganz einfach Saugpumpe genannt wird.

Man hat Jahrhunderte lang den Gebrauch der Saugpumpe gekannt, ohne die wahre Ursache ihrer Wirkungen zu entdecken. Man nahm lächerlicherweise an, die Natur habe einen Abscheu vor dem leeren Raum. Also um diese Leere zu verhindern, stiegen die Flüssigkeiten in den Pumpenstock, wenn man den Stämpel in die Höhe zog; aber warum hatte die Natur nur dann einen Abscheu vor dem leeren Raum, wenn derselbe nicht mehr als $10\frac{1}{3}$ Meter hoch war in Wasserpumpen? Warum hörte über $10\frac{1}{3}$ Meter dieser Abscheu auf? Warum hatte die Natur nur dann Abscheu vor dem leeren Raum, wenn derselbe nicht mehr als 76 Centimter hoch war bei Queckſilberpumpen? Und warum hörte dann, über 76 Centimeter hinauf, jener Abscheu auf? Und doch waren dies die Ungereimtheiten der alten Physik, und der Kindheitszustand, in welchem sich dieser Theil der Mechanik befand. Man wußte nicht einmal, daß die atmosphärische Luft eine Schwere hätte, die sie nach dem Mittelpunkt der Erde hinzieht mit der nämlichen Gewalt, wie die Schwere des Eisens und des Bleies diese so schweren Körper gegen den Erdmittelpunkt hinzieht.

Jetzt weiß man nicht nur daß die Luft ein schwerer Körper ist, sondern die Kenntniß ihres Gewichtes ist der Gegenstand einer Beobachtung, die selbst das Volk alle Augenblicke anstellt, die ungebildetsten Personen kennen das Werkzeug, das zur Angabe des Maßes dieses Gewichtes dient, und man bezieht jetzt darauf eine Menge von Erscheinungen, die von dem Wechsel der Witterung in einzelnen Tagen und Jahreszeiten herkommen.

Seit einigen Jahren hat man noch mehr gethan: man hat den Druck, welchen der Luftkreis ausübt, als Maßeinheit der großen Drückungen angenommen, die von Dampfmaschinen bewirkt werden; und, wie wir bereits gesagt haben, man hat diese

Drückungen nach 1, 2, 3, 4, u. s. w., Atmosphären berechnet. Der Arbeiter, der das Feuer der Maschine mit hohem Druck besorgt, der Reiber, der den Unrath von derselben wegschafft, wissen wie viele Atmosphären der Druck ihrer Maschine beträgt; und vor dreihundert Jahren hatten die größten Philosophen nicht einmal eine klare Vorstellung über den Druck einer einzigen Atmosphäre. So gehen durch das Fortschreiten der Wissenschaften die Einsichten von den obersten Klassen der Gesellschaft auf die untern über. Die Nationen im Allgemeinen erweitern ihre Kenntnisse; die Mittel des Menschen vermehren sich mit seinem Wissen; und die Gelehrsamkeit, die zugleich gründlicher und allgemeiner wird, verbreitet unaufhörlich neue Wohlthaten über den gesellschaftlichen Zustand.

Hier folgen einige Erläuterungen über einzelne Theile für die Verfertigung der Saugpumpen.

Taf. V, Fig. 6: statt nur einen Cylinder zu gebrauchen, der überall dieselbe Dicke hat, findet man es ersparend, den Durchmesser des untern Theils AA des Cylinders zu verkleinern, in welchem der Stämpel sich nicht hin und her bewegen soll. Dieser engere Theil heißt **Saugröhre**. Der obere Theil BB, der weiter ist, und in welchem der Stämpel sich bewegt, ist der eigentliche **Pumpenstock**.

Die Saugröhre ist unten in E ausgeweitert, um dem äußern Wasser einen leichtern Einfluß zu verschaffen. Man schließt sorgfältig diesen Einfluß durch ein mit vielen Löchern durchbohrtes Blech (Seigerblech) oder durch ein Gitterwerk, um zu verhindern, daß Unrath oder feste Körper, die im Wasser des Behälters enthalten seyn könnten, nicht in die Saugröhre hinaufsteigen und die Ventile SS verstopfen. Die beiden Cylinder sind aneinander gefügt durch zwei Ringe CC, die angelegt und angedrückt werden durch Schrauben und Schraubenmütter, und getrennt sind durch einen zusammendrückbaren Körper, wie Leder zum Beispiel, um genau die kleinen Zwischenräume zu verstopfen, die sich zwischen den festen Theilen der beiden Krägen befinden könnten.

Ein Ventil S ist eingefügt in einer ebenen Mittelwand, in der Höhe der Verbindung des Pumpenstocks mit der Saugröhre. Der Stämpel P ist umzogen mit einem Streifen von Leder,

um sich so genau als möglich an den Pumpenstock anzuschlie-ßen, und mit geringerer Reibung, als wenn der Stämpel nur von Holz wäre. In einigen Pumpen gebraucht man kupferne Stämpel.

Die im Innern des Stämpels angebrachte Oeffnung ist noth-wendig weniger weit, als der Stämpel dick ist. Folglich ist der Durchmesser dieser Oeffnung nothwendig kleiner, als der des Pumpenstockes. Aber wenn sich die Klappe erhebt, da sie nie mehr als zur Hälfte sich aufheben kann, so wird die Weite der Oeffnung noch mehr verengt. Also ist die Wassersäule, die durch den Stämpel geht, nothwendig kleiner als die des Pum-penstockes.

Man kann also der Saugröhre einen merklich geringern Durchmesser geben als dem Pumpenstock, ohne daß darum das aufgesaugte Wasser gezwungen wird, seine Geschwindigkeit zu beschleunigen, indem es durch den Stämpel geht.

Setzen wir nun die Maschine in Thätigkeit. Nehmen wir zuerst an, der Stämpel sey auf seinem niedrigsten Standpunkte und in Ruhe. Dann sind die Ventile geschlossen durch die Wir-kung ihres Gewichtes.

Ziehen wir die Stange des Stämpels aufwärts, um diesen Stämpel zu erheben; sogleich steigt auch das Wasser in der Saugröhre. Ist diese Röhre schon voll Luft, so erhebt sich das Wasser so, daß es diese Luft zwingt, immer nur einen gleich großen Raum einzunehmen, um nur einen Druck auszuüben gleich dem, den sie vorher ausübte, und der dem äußern Drucke des Luftkreises das Gleichgewicht hielt. Lassen wir nun den Stämpel sinken, sogleich entflieht die unter diesem Stämpel im Pumpenstock eingeschlossene Luft durch den Stämpel hin-durch, dessen Klappe sie aufhebt. Man entledigt sich auf diese Art einer Masse von Luft, die gleich ist der Höhe vom Hub des Stämpels.

Wenn man von neuem den Stämpel erhebt und senkt, so wird man die Wassersäule allmählig erheben und die Luftmasse vermindern, die in der Saugröhre und im untern Theile des Pumpenstockes enthalten ist. Sobald die in diesen Höhlungen

enthaltene Luft ausgeschöpft ist, geht das Wasser durch den Stämpel, dessen Ventil es aufhebt.

Die so eben beschriebene Saugpumpe hat Mängel, die es wichtig ist zu bemerken. Es ist schwer, die Verbindung der Röhren so genau zu machen, daß bei dem Saugen die äußere Luft nicht hineindringe. Wenn das Leder des Stämpels nicht völlig angefeuchtet ist, so schließt es nicht mehr genau an den Pumpenstock an, und die Luft, die vom obern nach dem untern Theile des Pumpenstockes geht, verhindert das Aufsaugen. Diese Unbequemlichkeit wird wichtig, wenn die Pumpen nicht häufig spielen, und die Leder durch die Wirkung der großen Hitze austrocknen. Dann wird es nöthig, ehe man die Pumpe gebraucht, eine gewisse Menge Wasser auf den Stämpel zu gießen, damit dieses Wasser alle Leder durchdringe und aufschwelle.

Bei der Bewegung der Pumpe steigt das aufgesaugte Wasser mit einer Geschwindigkeit, die von dem Drucke des Luftkreises herrührt. Wenn die Geschwindigkeit des Stämpels die der Flüssigkeit überträfe, so müßte sich zwischen der Flüssigkeit und dem Stämpel ein leerer Raum bilden. Bei jeder Aufsaugung würde dieser leere Raum sich vergrößern, und zuletzt so groß werden, daß der Stämpel nicht einmal mehr an die Wassersäule reichen würde bei seinem Sinken. Also wenn man mit zu großer Geschwindigkeit pumpen wollte, würde man zuletzt gar kein Wasser heraufbringen.

Bis jetzt haben wir angenommen, der Pumpenstock und die Saugröhre stünden lothrecht. Wären sie schief, so müßte man doch immer bei der Berechnung der Drückungen und bei dem Aufsaugen des Wassers die Höhen lothrecht berechnen; aber die Dauer des Aufsteigens des Wassers und der Bewegungen der Pumpe würde länger werden, je schiefer die Saugröhre und der Pumpenstock stünden.

Die ziemlich beschränkten Grenzen, über welche hinaus man mit der Saugpumpe kein Wasser mehr in die Höhe schaffen kann, machen in vielen Fällen die Anwendung der Druckpumpe nöthig.

Druckpumpen. In dem Spiel der Saugpumpe sind der Pumpenstock und der Stämpel nothwendig über der Oberfläche

des Wassers, das man heben soll. In der einfachen Druckpumpe finden sich der Pumpenstock, die Ventile und der Stämpel unter jener Oberfläche.

Wenn der Stämpel sinkt, geht das Wasser durch die Oeffnung des Ventils dieses Stämpels, um mit dem äußern Wasser gleich hoch zu bleiben. Steigt der Stämpel, so schließt sich diese Klappe, und das über derselben befindliche Wasser wird, wie man sagt, aufwärts gedrückt.

Die Wirkungen der Saugpumpe und der Druckpumpe sind wesentlich verschieden. Die erstere kann das Wasser nicht höher als auf $10\frac{1}{3}$ Meter heben; die zweite kann es auf jede Höhe schaffen, die man verlangt.

Auf folgende Art verfertigt man die einfache Druckpumpe, die eine Oeffnung in ihrem Stämpel hat.

Taf. V, Fig. 7 und 8. Der Stämpel gleicht dem der Saugpumpe, nur daß seine Stange unten ist statt oben. Diese Stange ist an die untere Querstange eines Rahmens befestigt, welcher bewegt wird durch eine lothrechte Stange, die an seiner obern Querstange festgemacht ist.

An den Pumpenstock C befestigt man die Steigröhre B, die knieförmig gebogen ist, damit die obere Stange T sich senkrecht über der Achse des Pumpenstocks befinde. Dieser Pumpenstock und die Steigröhre sind verbunden mit Hülfe von Schraubenmüttern und Schrauben durch hervorspringende Krägen, welche getrennt werden durch lederne Ringe, wie wir es bei den Saugpumpen beschrieben haben.

Das Ventil X muß oben am Pumpenstocke festgemacht seyn über dem Stämpel, und nicht unter demselben, wie bei der Saugpumpe.

Da dieses Ventil sich schließet, wenn der Stämpel sinkt, so kann das durch den Druck schon höher als das Ventil gehobene Wasser nicht wieder hinabfließen; während jeder Stoß des Stämpels frisches dazu heraufbringt. Die bei jedem Stoße des Stämpels gehobene Menge ist gleich der Masse, die vorgestellt wird durch einen Abschnitt des Pumpenstockes, gleich der Höhe die der Stämpel bei jedem Hube durchläuft.

Allein die Siekerungen sowohl durch die Fugen der Ventile, als auch zwischen dem Pumpenstock und dem Stämpel, vermindern merklich dieses Ergebniß.

Die Widerstände gegen die Bewegung der Flüssigkeit sind um so geringer, als die Oeffnungen der Ventile größer sind, in Vergleichung mit dem Pumpenstock.

Von der einfachen Druckpumpe mit massivem Stämpel. Taf. V, Fig. 9. Man denke sich einen lothrechten Pumpenstock C, in welchem der massive Stämpel P auf- und niedergeht, der durch eine lothrechte Stange bewegt wird. Eine gekrümmte Röhre MN, die wagerecht ist in M, dem Theile, welcher in den Pumpenstock mündet, ist oberwärts lothrecht.

Ein Ventil S wird das Wasser, das in die Röhre N steigen soll, verhindern rückwärts zu fließen. Ein Ventil x, unten in dem Pumpenstock befestigt, wird das in diesen Pumpenstock gehobene Wasser verhindern zurück zu fließen, wenn der Stämpel sinkt.

Die beiden Ventile und der Stämpel sind unterhalb der Oberfläche des Wassers, das man heben soll. 1) Wenn der Stämpel steigt, so hebt das Wasser, vermöge des äußern atmosphärischen Druckes, die Klappe x, und dringt in den Pumpenstock, so wie in den wagerechten Theil M. Dann schließt sich die Klappe S, gedrückt durch das in N angehäufte Wasser und überdies durch das Gewicht des Luftkreises, und gestattet dem in N aufgestiegenen Wasser nicht mehr zurück zu fließen. 2) Sinkt der Stämpel P, so schließt sich die Klappe x durch die Wirkung des Druckes, der zugleich bewirkt wird durch das im Pumpenstock erhobene Wasser, und durch den Stämpel, der auf dasselbe drückt. Da dieses Wasser nicht durch die Klappe x abfließen kann und von dem Stämpel gedrückt wird, so hebt es das Ventil S auf und steigt in N in die Höhe.

Hier wie im vorigen Falle ist die Masse Wasser, die bei jedem Stoße des Stämpels erhoben wird, wenn man nämlich alle die Verluste unberücksichtigt läßt, die von der Bauart der Maschine abhängen, gleich dem Umfang eines Abschnittes vom Pum-

penstock, der gleich wäre der Höhe, die der Stämpel bei jedem Stoße durchläuft.

Saug- und Druckpumpe. Taf. V, Fig. 10. Wenn wir den ganzen so eben beschriebenen Mechanismus nehmen und ihn in die Höhe heben, um ihn über der Oberfläche des zu erhebenden Wassers aufzustellen, indem wir Sorge tragen, den untern Theil des Pumpenstockes durch eine Röhre zu verlängern, die unter diese Oberfläche hinabreicht, so werden wir die Saug- und Druckpumpe haben.

Wenn man die Röhren und Pumpenstöcke aus Metall verfertigt, macht man die Saugröhre bald aus einem einzigen, unten ausgeweiterten Stück, bald aus zwei Stücken, deren unteres ein abgestumpfter Kegel ist. Die Fügungen sind hier wie in den vorigen Beschreibungen.

Bei den Saug- und Druckpumpen muß man dafür sorgen, die Bewegung des Stämpels so zu ordnen, daß er im Sinken nie ganz den Eingang der Saugröhre verschließe. Denn es könnte geschehen, wenn keine Luft mehr zwischen dem Stämpel und der Klappe x wäre, daß der Stämpel, wenn er diese Klappe berührte, im Aufsteigen das ganze Gewicht des atmosphärischen Druckes zu überwinden hätte. Dieser Wirkung muß man die Bemerkung und die sinnreiche Erklärung Belidors zuschreiben, daß eine Pumpe manchmal plötzlich aufhört zu wirken, ohne daß man die Ursache davon errathen kann, und daß man mehrmals die Maschine auseinander nimmt, ohne einen Fehler daran zu entdecken, oder die Ursache dieser Störung in ihrer Bewegung zu vermuthen.

Um vollkommen zu seyn, müßte die Saug- und Druckpumpe nicht mehr Anstrengung erfordern zum Aufziehen, als zum Hinablassen des Stämpels. Selten sind die Pumpen so richtig abgemessen. Darum verbindet man zwei ähnliche Pumpen, die durch die nämliche abwechselnde Bewegung getrieben werden, welche einen der beiden Stämpel hebt, während der andere sinkt. Diese Einrichtung wendet man auch vortheilhaft an bei den Dampfpumpen.

Taf. V, Fig. 11. Die Pumpe Belidors vermeidet, wie die

vorherbeschriebene, den Nachtheil des leeren Raumes zwischen dem Stämpel und dem Steigventil. Die Steigröhre, statt unten an dem Pumpenstock zu stehen, wie in der gewöhnlichen Saug- und Druckpumpe, ist mit dem obersten Theile des Pumpenstocks verbunden. Der Stämpel ist so gebohrt, daß er so wenig als möglich den Durchfluß des Wassers verengt; er ist von Metall und trägt zwei Klappen mit Gewinden.

Der Pumpenstock ist bedeckt mit einer Metallplatte, in deren Mitte sich ein Kragen von demselben Metalle befindet, durch welchen die Stange des Stämpels geht.

Diese Stange geht durch mehrere lederne Ringe, die von einem metallenen Ring bedeckt und zusammengedrückt werden durch Schrauben.

Die Schwierigkeit, dem Wasser jeden Ausfluß durch das Loch der obern Grundfläche des Cylinders zu verschließen, durch welches die Stange des Stämpels geht, ist ein wichtiger Nachtheil, der die guten Wirkungen der Pumpe vermindert. Diese Maschine, wenn sie in Bewegung ist, hat den großen Vortheil, daß ihr Stämpel immer unter dem Wasser geht; folglich kann die Luft nicht durch diesen Stämpel in den Pumpenstock eindringen, wie dies in den gewöhnlichen Saug- und Druckpumpen ziemlich oft geschieht.

Saug- und Druckpumpe mit umgekehrtem Stämpel. Der Pumpenstock ist unten offen. Der Stämpel bewegt sich unterhalb des ganzen Mechanismus. Ein Seitenrohr liefert der Pumpe das Wasser; ein Saugventil ist in der Zwischenwand befestigt, welches den Pumpenstock mit dem Behälter verbindet. Diese Vorrichtung ist zusammengesetzter, als die mit geradem Stämpel; sie erfordert einen eisernen Rahmen, der an die Stange des Stämpels befestigt seyn muß, um sie auf- und abzuziehen. Fast nie wird diese Maschine den Vorzug vor denjenigen verdienen, die wir bereits kennen gelehrt haben.

In den verschiedenen bisher beschriebenen Pumpen kann das Wasser nicht anders oben aus der Steigröhre fließen, als in Zwischenräumen, während einer der abwechselnden Bewegungen des Stämpels. Die einfachen Saugpumpen, zum Beispiel, gießen

ihr Wasser aus, wenn der Stämpel steigt, und sobald er sinkt, hört das Ausfließen auf. Eben so ist es bei den einfachen Druckpumpen, und bei den Saug- und Druckpumpen, deren Stämpel aufwärts wirkt. Die Pumpen hingegen, in welchen der Stämpel seine Gewalt abwärts ausübt, bringen den Ausfluß hervor, wenn der Stämpel sinkt. Diese Unterbrechungen sind in vielen Fällen ein Nachtheil: sie haben die wichtige Unbequemlichkeit, daß sie eine ungleiche bewegende Kraft erfordern, die stärker seyn muß, wenn das Wasser ausfließt, als wenn seine Bewegung aufhört.

Um diesen Mängeln abzuhelfen hat man drei verschiedene Mittel erfunden: das erste besteht darin, an die Pumpen einen Luftbehälter (Recipienten) zu fügen; das zweite darin, daß man zwei Pumpenstöcke oder eine noch größere Anzahl mit einer gemeinschaftlichen Steigröhre verbindet; das dritte darin, daß man zwei Stämpel in dem nämlichen Pumpenstock arbeiten macht. Wir wollen diese drei Mittel nacheinander untersuchen.

Pumpen mit Luftbehälter. Taf. V, Fig. 12. C, Pumpenstock; R, Luftbehälter, der auf den Pumpenstock angefügt ist vermittelst Schrauben und Schraubenmüttern; S, Ventil, welches den Ausgang dieses Behälters nach dem Pumpenstocke zuschließt. Die Saugröhre T, mündet in den Pumpenstock. E, E, Steigröhre. Diese beiden Röhren, die Steig- und die Saugröhre, haben beide ihr Ventil, das dem Wasser nicht gestattet, zurückzufließen. Der massive Stämpel P drückt das Wasser aufwärts vermittelst eines eisernen Rahmens.

Erklären wir nun die Bewegung der Pumpe mit Luftbehälter. Nach einigen Stämpelhuben füllt das Wasser das Saugrohr und den Pumpenstock an. Dann, so oft man den Stämpel aufwärts zieht, dringt das Wasser in den Luftbehälter und drückt die darin in Verwahrung gehaltene Luft zusammen. Ein Theil des in den Behälter eingeflossenen Wassers dringt in die Steigröhre. Sobald der Stämpel sinkt, schließt der Druck des Wassers das Ventil des Behälters; die zusammengedrückte Luft wirkt zurück und treibt das Wasser aus dem Behälter in die Steigröhre. So steigt das Wasser in dieser Röhre sowohl wenn der Stämpel sich hebt, als wenn er sinkt. Hebt sich der Stämpel, so drückt er zweimal so viel Wasser aufwärts, als während der

nämlichen Zeit in die Steigröhre fließen kann; also muß die Oeffnung, durch welche das Wasser in den Behälter dringt, größer seyn als die, durch welche es in die Steigröhre strömt.

Es giebt viele Fälle, wo der Kunstfleiß eine beständig fortdauernde Bewegung in der Wirkung der Pumpen besonders nöthig hat; dann ist es vortheilhaft, die Pumpen mit Luftbehälter zu gebrauchen. Die Gewalt der Luft in diesen Pumpen hat nicht die Wirkung, daß sie die bewegende Kraft verstärkt, sondern nur daß sie ihre Wirkungen regelmäßiger macht. Uebrigens hätte man Unrecht, zu glauben, daß Pumpen mit Luftbehältern das Wasser vollkommen gleichmäßig erheben. Es giebt Augenblicke, wo die Erhebung des Wassers ihr Maximum erreicht; dies sind die Augenblicke, wo die Luft im Behälter so sehr als möglich zusammengedrückt ist, und folglich mit der größten Gewalt zurückwirkt, um das Wasser steigen zu machen.

Verbindung von Pumpenstöcken, die an die nämliche Steigröhre angefügt sind. Fig. 13, Taf. V, sieht man nur zwei Stöcke von Druckpumpen M, N, angefügt nach der gewöhnlichen Vorrichtung an die gabelförmige Röhre T, die man gewöhnlich Hose nennt', wegen der Aehnlichkeit mit jenem Kleidungsstück. E, Steigröhre. Die beiden Pumpenstöcke sind gleichlaufend; einer von den Stämpeln hebt sich, wenn der andre sinkt. Folglich wird immer Wasser nach oben getrieben, und es hört nie auf, durch den obern Theil der Steigröhre auszufließen.

Manchmal sind die beiden Pumpenstöcke, statt nebeneinander, übereinander, und durch Stangen befestigt an die zwei einander gegenüberliegenden Querstangen eines eisernen Rahmens.

Pumpe von Trevithick, Taf. V, Fig. 14. P, Hauptpumpenstock; *p* Nebenpumpenstock von geringerm Durchmesser. Die Stangen der Stämpel, die sich in diesen Pumpenstöcken bewegen, sind in *qq'* durch Querstangen verbunden. Der Stämpel des großen Pumpenstockes ist mit einem Ventil versehn; der andre ist massiv.

Wenn die Stämpel steigen, so hebt sich das untere Wasser, das doppelt aufgesaugt wird, und der große Stämpel drückt das Wasser, das schon durch ihn geflossen ist, aufwärts. Wenn die

Stämpel sinken, so muß alles Wasser aus dem kleinen Pumpenstock in den großen steigen. Folglich muß das Wasser unaufhörlich steigen.

An Bord großer Schiffe gebraucht man Pumpen mit doppeltem Stämpel, deren einzelne Theile vorgestellt sind, Taf. VI, Fig. 1, 2, 3, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*. Die Fig. 1 und 2 stellen den Aufriß des Pumpenstockes vor, von zwei im rechten Winkel liegenden Seiten gesehn; S, Fig. 1, stellt vor was man den Eimer (chopine) nennt, den man wegnehmen kann; er ist durchbohrt, und offen durch zwei halbkreisförmige Ventile. P, Q, sind die beiden Stämpel. Die Stange des untern Stämpels geht durch den obern Stämpel in eine kreisförmige Oeffnung, die sich genau um diese Stange schließt. Eine Kurbel MM setzt einen Baum A in Bewegung, welcher winkelrecht eine Querstange T trägt, an deren beiden Enden mit Riegelnägeln die Ende der Stangen der beiden Stämpel befestigt sind. Wenn man der Kurbel eine Hin- und Herbewegung giebt, so neigt sich einer von den Armen der Querstange, indeß der andre sich erhebt, und folglich sinkt einer von den Stämpeln, wenn der andre steigt. Dies ist die Bewegung der Pumpe mit dem doppelten Stämpel.

Fig. 3 stellt einen Durchschnitt beider Stämpel vor, nach einem größern Maßstabe. Die Figuren *a*, *b*, *c*, *d*, stellen den Eimer S der Fig. 1, vor; *a* den durch die Achse des Eimers gemachten lothrechten Durchschnitt; *b* die wagerechte Entwerfung vom obern Theile des Eimers; *c*, das Stück des Eimers, welches die Klappen oder Ventile trägt; *d*, das nämliche Stück mit zwei Klappen versehn.

Die Fig. *e*, *f*, *g*, zeigen die einzelnen Theile eines Stämpels: *e* ist der mittlere Theil, der zum Halten des Leders dient; *f*, der obere Theil des Stämpels, der die beiden Klappen trägt; *g* der untere Theil des Stämpels.

Unter dem Pumpenstock, wie er Fig. 1 und 2 vorgestellt ist, fügt man die Saugröhre an. So wie das Wasser steigt, fließt es aus durch die kreisförmige Oeffnung O, Fig. 1 und 2. Diese Pumpe erfordert Sorgfalt bei der Verfertigung; aber sie bringt große Wirkungen hervor.

Die Fig. 6, Taf. VI, stellt eine Saugpumpe mit sich umdrehendem Stämpel vor, mit einer wagerechten Achse; man verdankt sie Hrn. Bramah. Der Pumpenstock ist ein kreisförmiger Cylinder, dessen Achse wagerecht ist; die beiden Grundflächen des Cylinders sind Metallplatten, die an Randleisten auf der Kreislinie des Cylinders festgeschraubt sind. Ringe von Leder liegen zwischen der Fügung der Grundflächen und des Cylinders, um jeden Durchgang des Wassers oder der Luft zu verhindern. Der sich umdrehende Stämpel ist gebildet aus zwei Flügeln PP′, die an die Achse befestigt sind, und deren jeder oben ein Ventil trägt; S, lothrechte Mittelwand, die bestimmt ist, im Cylinder unterhalb des Stämpels den linken Theil von dem Theile rechts völlig abzusondern. Wenn man wechselsweise die rechte und linke Seite des Stämpels steigen und sinken macht; wenn, zum Beispiel, die rechte Seite P sinkt, so hebt sich die Klappe auf dieser Seite auf; hingegen auf der andern Seite wird das Ventil verschlossen durch den Druck des schon in den obern Theil eingeströmten Wassers. Das Wasser, das sich auf der Seite von P′ befand, geht in den obern Theil C. Dreht man hernach den Stämpel auf die entgegengesetzte Seite, so öffnet sich das Ventil P′, und das Ventil P muß sich schließen. Das auf diese Weise gehobene Wasser steigt durch ein lothrechtes Rohr in die Höhe.

Die Fig. 4 und 5 stellen die Anwendung der vorbeschriebenen Pumpe als **Feuerspritze** dar. Der Stämpel wird in Bewegung gesetzt durch eine doppelte Kurbel MM, die man steigen und sinken macht. Die Pumpe wird in dem einen Ende eines Fasses aufgestellt; das andre Ende ist voll Wasser, welches zur Speisung der Pumpe dient. Man sieht über dem Cylinder einen Luftbehälter R befestigt, der dazu dient, die Bewegung beständig fortdauernd zu machen. Das mit seinen Kurbeln versehene Faß wird auf einem vierräderigen Wagen gefahren.

Der gewöhnliche Dienst zu Hülfleistungen bei Feuersbrünsten geschieht in England mit besonderer Sorgfalt. Er ist den Assekuranzgesellschaften gegen Feuersbrünste anvertraut. Diese Gesellschaften besitzen Pumpenwerke, die auf Wägen und durch Pferde gefahren werden, welche gleichfalls im Dienste der Gesellschaften

stehn, wie auch die Männer, die zum Bewegen der Pumpen nöthig sind.

Auf den Röhren, die zur Wasserleitung in den Straßen von London dienen, erheben sich in gewissen Entfernungen kurze, lothrechte Röhrchen, die bis zur Oberfläche des Pflasters reichen, wo sie durch einen Deckel verschlossen sind, den man nach Belieben wegschrauben kann. Eine durchbohrte Schraubenmutter am Ende eines ledernen Schlauches wird im Nothfall auf den Obertheil des kleinen Röhrchens festgeschraubt, statt des Deckels, und durch diesen so angebrachten ledernen Schlauch wird nun Wasser im Ueberfluß geliefert. Dies ist das Mittel, das man anwendet, um schnell an den Ort einer Feuersbrunst das zum Löschen nöthige Wasser zu schaffen. So vermeidet man meistens in England die langsame, mühselige Arbeit, die viele Personen erfordert, und die man in Frankreich gewöhnlich mit Feuereimern verrichtet, welche von Hand zu Hand gehen.

Die gewöhnlichen von den Engländern zum Feuerlöschen gebrauchten Pumpen bestehn aus zwei Pumpenstöcken und einem Behälter, die alle drei cylinderförmig und auf einer wagerechten Grundfläche von der Gestalt eines Rechteckes befestigt sind. Eine Vorrichtung von Kurbeln setzt einen Hebel in Bewegung, von welchem jeder Arm einen Kreisbogen trägt, mit einer doppelten Kette, die befestigt ist an zwei Punkten einer Stämpelstange, um wechselsweise die Stämpel steigen und sinken zu machen, die sich in den zwei Pumpenstöcken bewegen.

Das durch die Röhre, von welcher wir sprachen, herbeigeleitete Wasser fließt in ein Leitrohr, durch den rechteckigen Tisch hindurch, welcher dem Pumpenstock zum Träger dient, und mündet in den untern Theil dieser Pumpenstöcke, aus welchem es in den Cylinder hinauf gedrückt wird, der als Luftbehälter dient. Eine lothrechte Röhre, die fast bis zum untern Theile des Cylinders herabreicht, und die oben durch einen Deckel vom nämlichen Cylinder geht, der die Form einer Kugelmütze hat, endigt sich mit einem Knie und nimmt eine kegelförmige Gestalt an. Man kann diesen Kegel nach Belieben richten: das durch die Pumpe hinaufgedrückte Wasser strömt aus durch eine Oeffnung in der Spitze des nämlichen Kegels, und erhebt sich

zu den verschiedenen Punkten, wohin man das zum Löschen des Feuers bestimmte Wasser spritzen will. Wenn man das in die Pumpenstöcke gestiegene Wasser aufwärts treibt, und indem es in den Behälter geht, steigt es über den untern Theil der Einspritzungsröhre hinauf. Indem es so steigt, drückt es die Luft zusammen, die sich in dem obern Theile des Behälters befindet; wenn diese Luft zusammengedrückt ist, wirkt sie durch ihre Elastizität zurück und macht den Wasserstral der Pumpe fortdauernd. Die so eben beschriebene Vorrichtung wird auf einem Wagen gefahren mit einem Kasten oder Behälter, der im Nothfall mit Wasser gefüllt wird durch Eimer, die man einander zureicht in dem Theile der Stadt, wo man keine Leitröhren in der Nähe findet, denen ähnlich, die wir vorhin beschrieben haben.

Die Feuerspritzen der Engländer verdienen auch bemerkt zu werden wegen der Art, wie die Kraft der Menschen bei den Bewegungen der Maschine gebraucht wird. Eine wagerechte Achse geht durch die Mitte des Hebels, dessen abwechselnde Bewegung die beiden Stämpel in dem Pumpenstock in Bewegung setzt. Um diesen Baum in Bewegung zu bringen fügt man daran eine Einrahmung, deren beide lange, mit dieser Achse gleichlaufende Seiten zu Handgriffen dienen. Man stellt auf jede Seite zwei oder drei Männer, die mit ihren Händen auf diese Handgriffe drücken. Ferner sind gegen die beiden Ende des Baumes hin zwei kleine Hebel befestigt, deren jeder mit einem Kreisbogen sich endigt, wie der Haupthebel, der zur Bewegung der Stämpel in dem Pumpenstocke dient. An dem obern Theile jedes Kreisbogens ist eine kleine Kette befestigt, an deren Ende man einen wagerechten und mit den Handgriffen gleichlaufenden Fußschemel stark festmacht. Feuerspritzenarbeiter, schrittlings auf der Achse sitzend, stemmen ihre Füße auf die rechts und links angebrachten Schemel und werfen abwechselnd das Gewicht ihres Körpers auf einen, und wieder auf den andern; dies giebt der Wirkung der Maschine noch einen beträchtlichen Grad von Stärke. Dies Mittel, die Kraft des Menschen zu gebrauchen, scheint mir merkwürdig. Die ganze Vorrichtung ruht auf vier niedrigen Rädern, und wird vom Magazin bis zum Orte der Feuersbrunst auf einem Schuttkarren gefahren, mit welchem

eine schiefe Ebene verbunden ist, auf welcher das Pumpenwerk längs hinauf- und hinabgleitet. Ein einziges Pferd reicht hin zum Ziehen des Schuttkarrens.

Die englischen Feuerspritzen haben vor unsern gewöhnlichen mehrere Vorzüge, die es nützlich ist zu bemerken. Die Wirkung der Arbeiter strebt nicht, die ganze Maschine abwechselnd auf einer oder auf der andern Seite in die Höhe zu heben, noch sie mit einer Gewalt zu rütteln, die ihrer Erhaltung schadet. Das Gewicht der Arbeiter, die schrittlings auf der Achse sitzen, trägt zum Feststehen der Maschine bei, und vermindert die Gewalt, welche strebt, sie bald auf diese, bald auf jene Seite zu werfen. Setzen wir noch hinzu daß der von dem aufwärts getriebenen Wasser befolgte Lauf gerader ist, und folglich weniger Verlust in seiner Geschwindigkeit erleidet.

Luftpumpe. Sie besteht aus zwei lothrechten Cylindern, die denselben Durchmesser haben, und wovon jeder seinen Stämpel hat, der durch Saugen wirkt. Die Stange jedes Stämpels ist gezahnt; sie greift ein in einen Kreisbogen, der am Ende eines Hebels befestigt ist, welcher bewegt wird durch eine Kurbel, und seinen Stützpunkt in der Mitte des Raumes hat, der die beiden Cylinder trennt. Unten aus jedem Cylinder geht eine Leitröhre, welche auf einer wagerechten Platte (dem Teller) mündet. Man bedeckt diesen Teller mit einer Glasglocke, die man **Recipient** nennt; ein Kitt, mit welchem man den untern Theil der Glocke auf dem Teller umgiebt, hebt jede Verbindung zwischen der äußern und innern Luft auf. Wenn man die Pumpen in Bewegung setzt, um die Luft aufzusaugen, die sich unter dem Recipienten befindet, so vermindert man immer mehr die Masse dieser Luft; man verdünnt sie. Dies nennt man uneigentlich **den leeren Raum machen.** Ein unter den Recipienten gestelltes Barometer zeigt durch die Höhe der Queckfilbersäule den Druck, den die mehr oder minder verdünnte Luft noch ausübt.

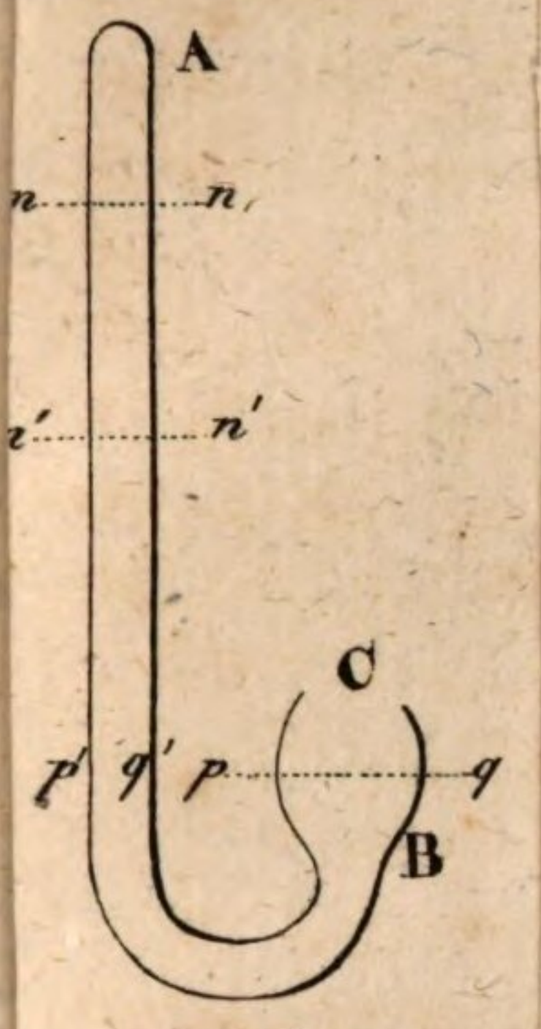


Fig. 3.

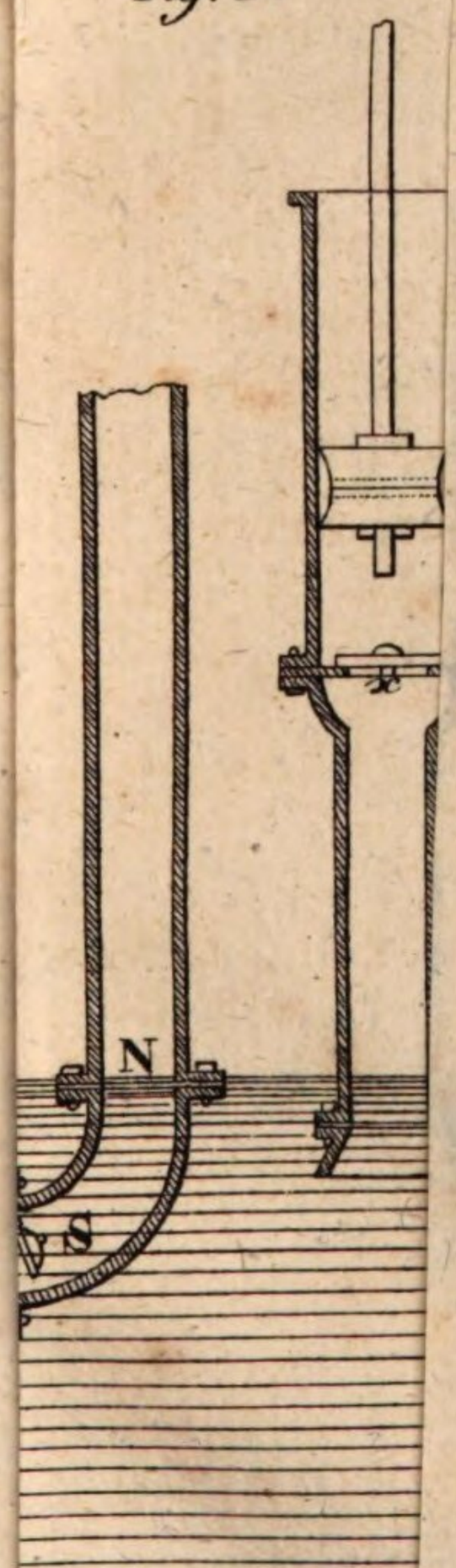


Fig. 1

NDWERKE UNI

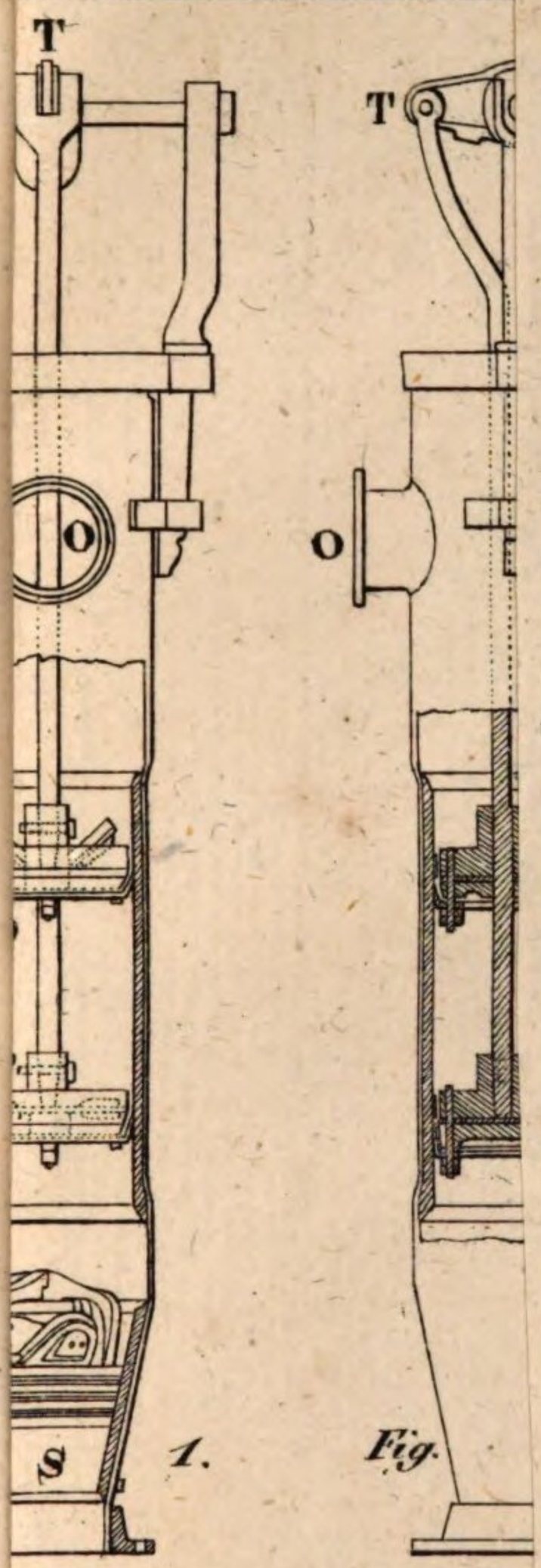
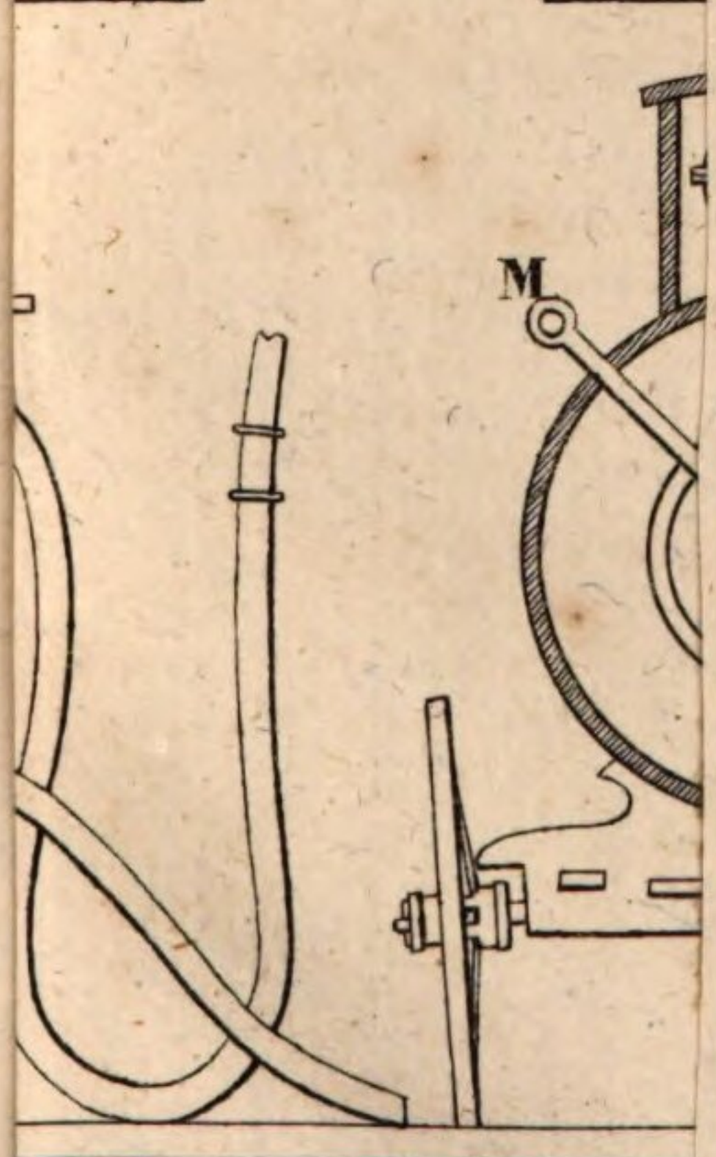


Fig. 1.



Eilfte Vorlesung.

Von der Kraft des Windes; Ventilatoren; Schiffahrt; Windmühlen.

Die Kraft des Windes äußert ihre Wirkung jeden Augenblick fast auf alle Theile der Erdkugel; denn an jedem Ort ist in den wenigsten Augenblicken die Luft vollkommen ruhig. Aus der geringsten Bewegung des Luftkreises, wenn irgend ein Hinderniß sich entgegenstellt, entsteht eine Kraft, die sich äußert um irgend eine mehr oder minder auffallende Naturerscheinung hervorzubringen, die für die Arbeiten des Kunstfleißes bald nützlich, bald schädlich ist.

Die Winde, in ihrem allgemeinen Einfluß auf die Natur betrachtet, bringen äußerst vortheilhafte Ergebnisse hervor. Sie reinigen jeden Ort von den schädlichen Dünsten, welche die Fäulniß oder andre Ursachen dort könnten angehäuft haben. Sie führen eine neue Lebensluft denjenigen lebenden Wesen zu, für welche das Einathmen dieser Lebensluft unentbehrlich ist.

Der Mensch hat diese fast beständig dauernde Bewegung des Luftkreises benützt, um durch Ventilatoren (Luftfänge, Luftzieher) die Luft zu erneuern, die im untersten Raum und unter den Zwischenverdecken der Schiffe still steht. Einige dieser Ventilatoren bestehen aus einem Cylinder von Leinwand, dessen oberer Theil lothrecht offen ist. Man richtet die Oeffnung nach der Seite hin, wo der Wind herkommt;

die äußere Luft, um der Kraft zu folgen, die sie antreibt, steigt in den Ventilator hinab, verbreitet sich im untern Raum und unter den Zwischenverdecken, und treibt die Luft heraus, die verdorben ist durch das Athmen der Menschen und durch die Ausdünstung einer Menge von Dingen, die in Fäulniß oder Gährung übergehen können. So oft die Gefahren der Schifffahrt es nicht nothwendig machen, alle Oeffnungen des Schiffes, wie die Lucken und die Stückpforten zu schließen, sorgt man dafür, sie zu öffnen; es sind eben so viele Ventilatoren, welche die frische Luft auf der Windseite einlassen, und der alten, verdorbenen Luft auf der Gegenseite den Ausgang frei machen.

Seitdem man besser die Kunst gelernt hat, die Schiffe auszulüften und darin eine beständigere Reinlichkeit zu unterhalten, hat sich die Zahl der Krankheiten, die auf langwierigen Seefahrten zu entstehen pflegen, beträchtlich vermindert. Gewisse Krankheiten, wie der Scorbut, sind an Bord der Schiffe so zu sagen ganz verschwunden.

Man gebraucht auch Ventilatoren um die Luft auf dem Boden der Bergwerke und in den Gefängnissen zu erneuern. Das Wohnen der Menschen an einem beständig verschlossenen Ort ist eine der schrecklichsten Ursachen von ansteckenden Krankheiten, die keine andere sind, als jene Gefängnißfieber, jene Typhus, die sich dann in der Gesellschaft auf eine furchtbare Weise verbreiten.

In den Gegenden, wo die Gesetze der Menschlichkeit heilig sind, wo man selbst für Verbrecher noch Rücksichten hat, und besonders für bloß Angeklagte, welche die Gerechtigkeit noch keiner Schuld überwiesen hat, gebraucht man alle Mittel der Kunst, um regelmäßig die Luft in den Gefängnissen zu erneuern.

Es ist gleichfalls nöthig, durch künstliche Mittel die Luft in den Hospitälern zu erneuern; eine Vorsicht, die beson-

ders unentbehrlich wird durch den krankhaften Zustand einer großen Anzahl von Personen, die auf Einem Punkte zusammengehäuft sind. Man kann im obern Theile der Fenster Luftlöcher anbringen, die man die ganze Nacht offen läßt, damit die schädlichen Luftarten, die leichter sind als die atmosphärische Luft, durch diese Theile ausströmen. Man kann in den Fußböden, auf welchen die Betten stehen, kleine Oeffnungen machen, durch welche die erstickenden Gase, die schwerer sind als die atmosphärische Luft, ausfließen können vermöge der natürlichen Wirkung ihrer Schwere, und so aus dem Gebäude geschafft werden.

Die Gitterläden (Jalousien), die aus gleichgeneigten Brettchen von gleicher Größe bestehen, haben den Vortheil, die Kraft des Windes zu zerlegen, sie gegen den obern Theil des Gebäudes zu leiten und die Luft der Zimmer zu erneuern, die man durch diese Gitterläden doch schließen kann.

Es wäre zu wünschen daß man einige der eben angezeigten Anordnungen benutzte, um die Luft zu erneuern in unsern Theatern, in öffentlichen Versammlungsorten und Sälen, die zu Festen, zum Tanz und jeder Art von Vergnügen bestimmt sind.

Die große Zahl von Lichtern, die in diesen Gebäuden aufgestellt sind, verursachen einen so beträchtlichen Verbrauch von Lebensluft, daß es wichtig wird, alle Mittel anzuwenden, um reichlich die durch dies Verbrennen und das Athmen der vielen Zuschauer verdorbene Luft zu erneuern. Diese Erneuerung hat den doppelten Vortheil, für das Athmen der Menschen eine reine Luft herbeizuschaffen, und die Erhöhung der Wärme zu verhindern, welche durch das Verbrennen so vieler Lichter und das Athmen so vieler Personen zugleich hervorgebracht wird.

Wir wollen diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne ein Wort von einem kleinen Ventilator zu sagen, den man zu=

weilen mitten in einem Fenster anbringt. Es ist ein fester Kreis, in dessen Mitte ein Rädchen sich umdreht, dessen gleich geneigte und platte Speichen mit den Flügeln einer Mühle verglichen werden können. Welches auch die Kraft des Windes seyn mag, so zerlegt der Ventilator die Kraft desselben nach der nämlichen Richtung auf jedes dieser Flügelchen, die auch nach der nämlichen Richtung geneigt sind, und dreht das Rädchen um mit einer um so größern Geschwindigkeit, als die Kraft des Windes selöst beträchtlicher ist. Endlich kann diese Bewegung nicht geschehen, ohne daß die Luft zwischen den Flügelchen durchgeht und sich im Zimmer verbreitet.

Eine der durch ihre Ausdehnung und die Größe der daraus erfolgenden Ergebnisse wichtigsten Anwendungen ist die der Kraft des Windes auf die Schifffahrt. Nehmen wir ein einziges Volk, wie das englische, das 160.000 Menschen zu seinem Handelsseewesen, und 20.000 zum Kriegsseedienste gebraucht, was 180.000 Seeleute ausmacht, ohne eine Menge von Fischern und kleinen Küstenfahrern zu rechnen; so sehn wir daß mit Hülfe der Kraft des Windes jeder dieser 180.000 Menschen 15.000 Kilogramme führen kann, während er mit Hülfe seiner körperlichen Kraft höchstens 60 bis 70 Kilogramme forttragen, und nur 150 bis 200 Kilogramme auf einem Fuhrwerke fortführen könnte. Der Unterschied von 70, von 150 und höchstens von 200 Kilogrammen zu 15.000 ist also eine Kraft, die durch die Kraft des Windes zu der des Menschen hinzukommt. So findet man, daß die Kraft des Windes zu der von 180.000 Seeleuten die nöthige Kraft fügt, um 2.664.000.000 Kilogramme nach der mittlern Entfernung der Reisen zu schaffen, die ein Schiff in einem Jahre machen kann; ein unermeßliches Ergebniß, das ganz von der Natur der Schifffahrt eines einzigen Landes geschenkt wird.

In Frankreich, wo Handel und Schifffahrt bei weitem keine solche Ausdehnung haben, wie in England, sind wir leider weit entfernt, von der Natur eine so beträchtliche Menge von Kraft entlehnt zu haben, um sie zum Fortschaffen unsrer Erzeugnisse zu benutzen. Dies ist ein geringerer Grad von Reichthum, der für den Wohlstand und die verglichene Macht von beiden Ländern die wichtigsten Folgen hat.

Nachdem ich euch einen Begriff von der äußersten Wichtigkeit dieser Anwendung der Kraft des Windes auf die Schifffahrt gegeben habe, wenn ich nun im Einzelnen euch erklären wollte, wie diese Kraft auf Schiffe von verschiedenen Gestalten angewendet wird nach den verschiedenen Verbindungen von Segel- und Mastenwerken, so würde dies ein ganzes Buch erfordern. Ich will mich damit begnügen, euch begreiflich zu machen, wie, mit der Kraft des Windes, die immer nach der nämlichen Richtung wirkt, der Seemann vorwärts zu fahren im Stande ist, nicht nur indem er der natürlichen Richtung des Windes folgt, sondern indem er sich nach Belieben von dieser Richtung entfernt, um mit ihr einen sehr kleinen Winkel zu machen, dann einen immer weniger spitzen, dann einen rechten, und sogar einen stumpfen Winkel, um so gegen den Ursprung des Windes hinauf zu fahren, indem er mit der Richtung des Windes einen größern Winkel macht, als der rechte ist. Wenn das Schiff den größten möglichen Winkel mit der natürlichen Richtung des Windes macht, und folglich den kleinsten möglichen mit der entgegen gesetzten Richtung, so sagt man, es segle dicht beim Winde, das heißt, es komme dem Ursprung des Windes so nahe als möglich.

Stellen wir ein Schiff in eine solche Richtung, daß die gerade Linie, die von der Mitte seines Hintertheils nach der Mitte des Vordertheils geht, genau der Richtung des

Windes folge, das Vordertheil voran; richten wir die Segel senkrecht auf diese Richtung. Da diese Segel, so wie das Schiff, symmetrisch sind in Hinsicht auf die lothrechte Ebene, die von der Mitte des Hintertheils zu der des Vordertheils geht, so ist keine Ursache vorhanden, warum das Schiff mehr rechts als links abweichen sollte in Hinsicht auf die Richtung des Windes; folglich muß es eben dieser Richtung folgen. Dies ist die gerade Fahrt, die man vor dem Winde (segeln) nennt.

Denken wir uns nun, vermittelst des Helmstockes drehe man das Steuerruder nach Einer Richtung; sogleich wird sich das Schiff nach der entgegengesetzten wenden, um einem schiefen Laufe zu folgen, welcher abhängen wird von der Richtung des Steuerruders, und von derjenigen der Segel. In allen Fällen, wenn die Kraft des Windes senkrecht auf ein Segel wirkt, wird sie ihren Anstoß an das Mastenwerk und folglich an das Schiff so üben, daß es in ihre Richtung versetzt wird. Wirkt die Kraft des Windes schief auf das Segel, so muß man sie in zwei zerlegen; die eine in der Richtung des Segels, die keine Wirkung haben wird; die andre in der senkrechten Richtung, die ihre ganze und volle Wirkung auf das Mastenwerk und auf das Schiff hervorbringen wird.

In der Richtung, dicht beim Winde, ist das Vordertheil näher bei dem Ursprung desselben, als das Hintertheil; die Segel sind schief, und noch schiefer in Hinsicht auf die Richtung des Windes, als das Schiff selbst. Trifft der Wind die Segel, so zerlegt er sich, wie wir bereits gesagt haben. Die einzige Kraft, die wirkt und die auf dem Segel senkrecht ist, zerlegt sich wieder in zwei andre: die erstere ist senkrecht auf der Breite des Schiffes und strebt, das Schiff senkrecht auf seiner Breite fortzutreiben, eine Bewegung, die einen ungeheuern Widerstand entgegen setzt, und deswegen

sehr wenig merklich ist; die andre richtet sich gleichlaufend mit der Länge des Schiffes, erleidet einen mehr oder minder großen Widerstand, und treibt folglich nach dieser Richtung das Schiff vorwärts, viel stärker als es in der queeren Richtung rückwärts getrieben wird. Deswegen, ungeachtet dieses Rückwärtstreibens, das man Abfall nennt, fährt das Schiff voran gegen die Richtung des Windes; aber es fährt schief voran. Wenn man also von einem Punkte zu einem andern kommen will nach einer geraden, mit der Richtung des Windes gleichlaufenden Linie, und indem man gegen diese Richtung hinauffährt, so muß man eine im ersten Theil gebrochene Linie durchlaufen, die weit genug entfernt ist von jener, die nach der Richtung des Windes gezogen ist. Wenn man nun auf die Höhe der Mitte dieser letztern Linie gekommen ist und den Lauf ändert, um eine, immer der des Windes entgegengesetzte Richtung, aber mit dem gegenüber liegenden Schiffbord, zu nehmen, so wird diese neue Richtung, oder (wie man sagt) dieser neue Schlag nothwendig an das zweite Ende der Linie führen, von der man ausgegangen ist. So kann man mit zwei, vier oder sechs gebrochenen Linien auf dem Meer von einem Punkte zum andern fahren, indem man der Richtung des Windes entgegen schifft.

Die Gestalt der Segel ist gar nicht gleichgültig für das Uebertragen der Kraft des Windes um das Schiff zu bewegen. Ist das Segel dreieckig mit gleichen Flächen, so wird sein Schwerpunkt höher liegen als der eines viereckigen Segels, das eine gleiche Grundlinie hätte. Wirklich wird er im dreieckigen (lateinischen) Segel auf dem Drittel der Höhe liegen, indeß er im viereckigen auf der Hälfte dieser Höhe liegt. Bei übrigens gleichen Umständen wirkt also die Kraft des Windes auf eine gefährlichere Weise um das Schiff umschlagen zu machen im Fall wo man dreieckige Segel gebraucht, als wenn man sich viereckiger bedient.

Die dreieckigen Segel, die man gewöhnlich für Schiffe gebraucht, die auf dem mittelländischen Meere fahren, haben den großen Vortheil, daß sie durch ihre Spitze sehr hoch den geringsten Windzug suchen, den man in der schönen Jahrszeit empfindet am Ausgange der zahlreichen Thäler, welche das meistentheils bergige Gebiet der mittelländischen Küsten von Spanien, Frankreich, Corsika, Sardinien, Italien und Griechenland den Schiffern darstellt.

Aber diese Segel sind nicht so lenkbar, und wie wir bemerkt haben, nicht so günstig für die Stätigkeit der Schiffe, als die viereckigen; deswegen legen die Schiffe des Mittelmeers, wenn sie in eine stürmischere See, wie in den Ocean, kommen, die dreieckigen Segel ab, und nehmen viereckige.

So wie man sich größerer Schiffe zu bedienen anfieng, mußte man auch auf jedem die Zahl der Segel vermehren, damit ihre Größe nicht zu sehr im Mißverhältniß stünde zu der Kraft der Menschen, die sie bewegen sollten nicht nur bei günstigem Wetter, sondern auch bei den schrecklichsten Stürmen.

Dies ist die vornehmste Ursache, die bewirkt hat daß man nach und nach zwei, drei und sogar vier lothrechte Mastbäume gebrauchte, unabhängig von einem schiefen auf dem Vordertheile stehenden Mast, und daß man jeden Mast in zwei, drei und sogar in vier von einander unabhängige Theile zerlegt hat, von welchen jeder sein Segel trägt, nebst Auflangern oder Leespieren (Verlängerungsstangen) rechts und links, die man nach Belieben aufstellen oder niederlegen kann. Außer diesen Segeln zieht man andere, in Gestalt von Dreiecken oder Trapezen geschnittene auf, zwischen den lothrechten Masten und dem schiefen auf dem Vordertheile, welchen man Bögspriet nennt.

Es ist eine verwickelte Kunst, die viel Erfahrung und eine große Richtigkeit im Blicke erfordert, um die Kunst, jeden Augenblick unter allen diesen Segeln zu entscheiden, welche für eine gegebene Richtung des Windes und der Fahrt des Schiffes am füglichsten sollen aufgezogen werden; nach welcher Richtung man sie festmachen soll, und welches hingegen die Segel sind, die man niederlassen muß, um entweder nach einer gegebenen Fahrt fortzusegeln, oder um die gegebene Fahrt zu ändern und nach bestimmten Bedingungen Wendungen zu machen. Diese Kunst der Schiffsmanöver ist die der Kapitäne von Kriegs- und Kauffahrteischiffen; sie erfordert theoretische Kenntnisse und viel Praxis.

In mehrern Maschinen bedient man sich des Widerstandes, den die Körper bei ihrer Bewegung in der Luft erleiden, als eines Hemmungsmittels, welches verhindert, daß die Maschine eine gefährliche Geschwindigkeit annehme. Das einfachste Beispiel, das man von dieser Anwendung geben kann, ist das Schwungrad (Windrad) gewisser Bratenwender, welches aus einem Rade besteht, auf dessen Umfang kleine Metallplatten befindlich sind, deren Ebene, durch die Achse des Rades gehend, senkrecht ist auf der Richtung der Bewegung dieser Platten, wenn das Rad sich dreht. Ist die Bewegung des Rades sehr langsam, so ist der Widerstand, den diese Platten von der Luft erleiden, kaum merklich. Er verstärkt sich dann in schnellen Graden, so wie die Geschwindigkeit des Rades zunimmt; und wenn man die Grade der Geschwindigkeit vorstellt durch die Zahlen

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10;

so werden die Zahlen 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100 den Widerstand vorstellen, den diese Platten vermöge der Trägheitskraft der Luft erleiden. Man kann noch viele andre Anwendungen dieses Systems anführen. Wir werden sie kennen lehren.

Die Segel eines Schiffes bringen eine dem Windrad ähnliche Wirkung hervor zur Verhinderung der allzustarken Erschütterung bei den Seitenschwankungen und dem Auf= und Niederbewegen des Schiffes (der Länge nach). Die Seitenschwankung, das heißt, die Bewegung, die nach einer wagerechten Achse geschieht, welche vom Hintertheil zum Vordertheile gienge, ist die stärkste, wenn die Segel nach einer auf dieser Ebene senkrechten Achse gerichtet sind, das heißt, sich eben in der Ebene der Seitenschwankung befinden; dann leisten sie dieser Bewegung gar keinen Widerstand. Hernach, so wie man die Segel schief stellt und sie der Richtung der seitenschwankenden Bewegung eine größere Fläche darbieten, da diese Segel von einer größern Masse von Luft getroffen werden, wenn die Seitenschwankung Statt findet, so widerstehn sie immer mehr und die Schwankung nimmt an Weite ab. Dies beobachtet man noch auffallender wenn die Segel, zuerst so gerichtet, daß sie eine sehr große Fläche in der queren Richtung darstellen, plötzlich eingezogen werden, wie im Augenblicke, wo man den Anker auswirft und die Fahrt aufhört. Dies ist auch der Augenblick wo die Seekrankheit, die von den Bewegungen des Schiffes herrührt, die Personen am meisten angreift, die nicht an solche Bewegungen gewöhnt sind.

Eine sehr merkwürdige Anwendung der Kraft des Windes ist die der **Windmühlen.**

Man gebraucht die Kraft des Windes zum Treiben von Rädern, welche große Flügel tragen, und die das ausmachen, was man eigentlich Windmühlen nennt.

Es ist klar, daß eine solche mechanische Einrichtung nur für Arbeiten taugen kann, die nicht beständig in demselben Grade von Kraft und Geschwindigkeit unterhalten werden müssen, und die sogar ohne Nachtheil eine Un=

terbrechung von mehreren Tagen erleiden können, wenn Windstille eintritt. Dieser Nachtheil verhindert, ungeachtet aller Ersparniß, die man durch den Gebrauch des Windes finden kann, daß man sich desselben als bewegender Kraft bediene für die meisten Arbeiten großer Manufakturen.

Aber man kann sich desselben mit Vortheil bedienen für Arbeiten, die nicht dringend sind, und die nicht mit beständig gleicher Regelmäßigkeit müssen verrichtet werden. Ein andrer Nachtheil der Kraft des Windes ist die Unmöglichkeit, sie in allen Gegenden zu gebrauchen. Die Mühle muß auf einer Anhöhe errichtet seyn, oder in einer hinlänglich freien Ebene, oder in einem sehr weiten Thale, das nicht von hohen Wäldern umschlossen ist, damit der Wind, von welcher Seite er herkommen mag, frei bis zu den Flügeln der Mühle gelangen könne.

Folgendes sind die vornehmsten Anwendungen, die man von der Kraft des Windes macht. Man bedient sich derselben: zum Mahlen des Getreides; zum Auspressen der Oele aus gewissen Körnern; zum Zermalmen der Eichenrinde, aus welcher man Gerberlohe macht; zum Sägen des Holzes; endlich noch zum Emporheben des zu Wässerungen bestimmten Wassers, oder blos zum Ausschöpfen der Wasser, die eine gewisse Strecke Landes bedecken, welche man durch dies Mittel austrocknen will.

Die Windmühlen wurden zuerst im Morgenland gebraucht, und um die Zeit der Kreuzzüge aus jenen Gegenden zu uns gebracht.

Ein Kubik-Decimeter Luft, wohl vom Wasser gereinigt, in dem Wärmegrad des schmelzenden Eises und unter einem Druck, der gegeben ist durch eine 76 Centimeter hohe Quecksilbersäule, wiegt $1\frac{3}{10}$ Gramm.

Mariotte, indem er durch Erfahrung die Kraft des Windes zu messen suchte, fand, daß wenn die Geschwindigkeit $3^{Met.},898$ in einer Sekunde beträgt, er einen Druck von 179 Grammen bewirkt auf eine bewegliche Fläche, die 1.050 Quadrat-Centimeter hält.

Borda und Rouse haben auch Versuche über diesen Gegenstand gemacht. Die Ergebnisse dieser beiden Gelehrten zeigen, daß die Triebkraft des Windes im Verhältniß ist zu dem Quadrate der Geschwindigkeiten des Windes in einer gegebenen Zeit. Es ist leicht, sich davon den Grund anzugeben; weil in dieser Zeit jeder Lufttheil, der von einer beträchtlichern Geschwindigkeit angetrieben wird, sich um so viel mehrere Male erneuert, als auch diese Geschwindigkeit größer ist.

Die Widerstände, welche die Luft an verschiedenen Flächen erleidet, verstärken sich in einem größern Verhältniß, als die Ausdehnung dieser Flächen selbst. So zum Beispiel, nach dem Versuche von Borda, widerstehn Quadratflächen, deren Seiten 4 und 9, und deren Flächen also 16 und 81 groß sind, der Wirkung des Windes nach dem Verhältniß von 16 zu $94\frac{1}{2}$. Dieses letzte Ergebniß zeigt uns, daß es bei übrigens gleichen Umständen vortheilhafter ist, mit Segeln von großer Ausdehnung und in geringer Zahl zu schiffen, als mit vielen kleinen Segeln, welche die nämliche Oberfläche darstellen.

Wenn der Wind schief gegen die Flächen wirkt, so zerlegt sich seine Kraft, wie wir es erklärt haben, und man darf nur den Theil rechnen, der sich senkrecht auf die Oberfläche des Segels zerlegt hat. Die Zerlegung des Parallelogramms der Kräfte giebt ein merklich genaues Ergebniß, wenn man die senkrechte Kraft des Windes mit Kräften vergleicht, die durch eine Richtung des Windes hervorge-

bracht werden, welche mit der Oberfläche des Segels einen zwischen 30 und 45 Graden begriffenen Winkel macht, wie sich Borda auf eine praktische Art dessen versichert hat. Die Erfahrung beweist auch noch daß die Wirkung des Windes größer ist, wenn sie auf eine ebene Fläche sich äußert, als wenn sie auf eine solche wirkt, deren hohle Erhabenheit (Convexität) der Richtung des Windes entgegensteht.

Es giebt zwei Arten von Windmühlen: in den einen richtet man ebene Flächen auf an dem Umfange wagerechter Räder; deswegen nennt man solche Mühlen wagerechte Mühlen. Sie haben viel weniger Vorzüge als jene, wo die Wirkung des Windes auf Flügel stößt, welche die Speichen eines lothrechten Rades ausmachen. Diese letztern sind folglich diejenigen, welche uns insbesondere beschäftigen sollen.

Ich muß jedoch eine sinnreiche wagerechte Mühle anführen, die ich in England bei London errichtet gesehn habe. Denken wir uns einen großen und hohen kreisförmigen Thurm, dessen Umfang eine Reihe von schiefen, lothrechten Oeffnungen darstellt, die man mit denen eines Gitterladens vergleichen könnte, der um den Umfang eines Cylinders gelegt wäre. Welches auch die Richtung des Windes seyn mag, so dringt er zwischen einem Viertel der Oeffnungen hinein, und strebt im Innern des Thurmes vorzurücken mit einer Richtung, welche immer auf die nämliche Weise wirkt; indem er so in dieses Innere dringt, stößt er auf Segel, die gleichlaufend mit den Kanten vom Cylinder des Thurmes gespannt sind, stößt sie immer in derselben Richtung fort, und macht so die Mühle gehen. Die Luft strömt alsdann durch die verschiedenen Oeffnungen aus, die auf der dem Winde entgegengesetzten Seite angebracht sind.

Verweilen wir bei der Beschreibung der Mühlen mit lothrechten Flügeln. Damit diese Mühlen den Antrieb des Windes von allen Seiten her erhalten, muß man die lothrechte Ebene der Flügel in eine auf der des Windes senkrechte Richtung stellen können. Deswegen ist der wagerechte Baum, welcher Flügel trägt, oben auf dem Thurm mit dem Dache selbst festgemacht an eine kreisförmige Vorrichtung, die ihm gestattet, sich nach allen Seiten umzudrehen vermittelst eines großen Hebels, dessen Ende sich der Erde nähert, und den der Müller mit der Hand anstößt, um die Flügel in eine passende Richtung zu stellen, oder, wie man sagt, die Mühle zu orientiren (richten).

In den englischen Windmühlen, Fig. 1, Taf. VII, sieht man ein kleines Rad, dessen Flügel in einer lothrechten Ebene aufgerichtet sind, die durch die lothrechte Achse der Mühle geht. Wenn sich der Wind von dieser lothrechten Ebene entfernt, so wirkt er auf die Flügel des kleinen Rades, dessen Bewegung sich der Stange T mittheilt, und den Winkelrädern R, R'; S, S'. Die Zähne S' stehen auf einer großen kreisförmigen Krone, welche in den obern Theil der Mühle eingreift, der sich auf Rollen *r*, *r* umdreht, welche auf einem kreisförmigen, an dem untern Theil der Mühle befestigten Brette laufen. Die Fig. 2 zeigt die Ebene eines Theils der kreisförmigen Krone S'S', die in S eingreift.

Durch einen sinnreichen Mechanismus ziehen sich die Segel an den bewegenden Flügeln AA, Fig. 1, Taf. VII, von selbst ein, wenn die Kraft des Windes zu groß wird. Jeder Flügel ist aus zwei Leiterbäumen *mm*, *mm* gebildet, auf welchem die Träger *ll*, *ll* von Walzen *r*, *r*, *r*.... hingleiten können, auf denen sich rechteckige Segeltücher aufrollen. Ein gabelförmiges Zugband *tt* ist an die Träger *ll*, *ll* der Cylinder jedes Flügels befestigt. Die Spitze

a der Gabel *tt* ist mit Bolzen an das Ende eines gebogenen Hebels *abc* befestigt. Eine Stange *ddd'*, gezahnt in *d'*, wenn sie auswärts hervortritt, macht, daß *a* sich *dd* nähert.

Wenn die Geschwindigkeit der Flügel eine gewisse Grenze überschreitet, so treibt die Centrifugalkraft die Träger *ll*, *ll* nach auswärts; in dieser Bewegung, da die Rädchen welche die Achse jeder Walze *r*, *r*, *r*, ... trägt, sich auf dem festen Theile *ff* reiben, so machen sie daß sich die Walzen so umdrehen, daß die Segeltücher sich immer mehr zusammendrücken. Zu gleicher Zeit entfernen die gabelförmigen Stangen *tt*, *a* von *dd*, machen *dd* einwärts gehen, dessen gezahnter Theil *d'* seine Bewegung den Winkelrädern *h* und der großen Flaschenzugrolle H mittheilt, die ein Gegengewicht aufhebt. Sobald der Wind schwächer wird, sinkt das Gegengewicht, und zwingt die Segel sich aufs neue auszuspannen.

Die Figur 3 ist eine lothrechte Entwerfung im Großen von der Verbindung der Hebel *abc*, Fig. 1, der vier Flügel um die Stange *dd* her.

Die Fig. 4 ist die Ebene einer Segeltuchwalze. Man sieht darin deutlich, wie an ihren Enden die Achse gehalten wird, und wie sie rollen kann auf dem Rädchen (galet) *g*.

In der Fig. 1 ist das große Winkelrad XX dasjenige, welches unmittelbar die Kraft des Windes dem besondern Mechanismus der Mühle mittheilt.

Die Fig. 5 ist die Entwerfung eines holländischen Flügels auf einer Ebene, die durch den Baum AA geht, der den Hebel trägt, und durch die Längemitte des vorzüglichsten Stückes PP des Flügels.

Der Wind wirkt nur selten in einer Richtung, die wagerecht ist. Die Erfahrung hat gezeigt, daß aus diesem Grunde,

wenn man die größte Wirkung von der Kraft des Windes erhalten will, man um 8 bis 15 Grade den Baum neigen muß, welcher die Flügel trägt, und daß man ihn nicht wagerecht halten darf. Wäre jeder von den Flügeln in einer auf dem Baum senkrechten Ebene, so ist es klar daß die Kraft des Windes, indem sie diese Flügel träfe, den Baum nicht umdrehen könnte. Also muß man ihnen eine Neigung geben, und diese Neigung muß für alle Flügel nach der nämlichen Richtung gehn, damit die Kraft, zerlegt nach der Ebene aller Flügel, wirke zum Umdrehen des Baumes in einer Richtung, die immer die nämliche bleibt.

Smeaton, ein berühmter englischer Ingenieur, hat über die Kraft des Windes Versuche gemacht, die um so viel mehr Zutrauen verdienen, als sie übereinstimmen mit den Ergebnissen der von Coulomb über große Windmühlen gemachten Beobachtungen. Um seinen Versuchen mehr Regelmäßigkeit zu geben, zog er vor, statt die Richtung des Windes, die jeden Augenblick abwechselt, gerade aufzufangen, sein Mühlenmuster in Bewegung zu setzen dadurch, daß er ihm den Stoß von einer genau bekannten Kraft mitten in einer ruhigen Luft beibrachte. Durch dies Mittel war er vollkommen sicher von der Geschwindigkeit, mit welcher sich die Flügel in der Luft bewegten. Er rollte auf dem wagerechten Baum, der die vier zum Versuche gebrauchten Flügel trug, ein Seil auf, an dessen Ende ein Brett hieng, das er nach Belieben mit Gewichten beschwerte. Die von den Flügeln verrichtete Arbeit bestand darin, dieses Brett mit einer mehr oder minder großen Geschwindigkeit in einer gegebenen Zeit aufzuheben. Smeaton fieng damit an, zu suchen welcher Grad der Neigung für ebene Flügel am besten tauge. Er fand daß das, zum Anhalten der 35 Grade geneigten Flügel nöthige, Gewicht stärker sey als jenes, welches nöthig ist zum Anhalten anderer, verschieden ge-

neigter Flügel, die sich mit der nämlichen Geschwindigkeit bewegen.

Nach Smeatons Versuchen muß, damit Flügel von gegebener Ausdehnung die größte mögliche Wirkung in einer gegebenen, aufeinander folgenden Zeit fortpflanzen, ihre Neigung 15 bis 18 Grade seyn; der Vortheil ist auf Seiten dieses Rades, verglichen mit dem, für welches die Neigung 35 Grade ist, in dem beträchtlich großen Verhältnisse von 45 zu 31. Er hat noch eine Bemerkung gemacht, welche zeigt, daß die zwischen 16 und 18 Graden begriffene Neigung wenig verschieden ist von dem absoluten Maximum; nämlich: daß, wenn man um einen oder zwei Grade die Neigung der Flügel vermehrt oder vermindert, daraus nur ein geringer Unterschied von Gesammtwirkung sich ergiebt in Vergleichung mit der, welche er als die vortheihafteste angegeben hat.

Smeaton hat gleichfalls solche Flügel Versuchen unterworfen, deren Fläche, statt eben zu seyn, windschief wäre, und immer weniger geneigt, so wie der Punkt des Flügels, wo man diese Neigung mißt, sich von der Achse entfernt; er hat nicht gefunden daß das Ergebniß vortheilhafter wäre, als wenn man ebene Flügel gebraucht.

Die holländischen Mühlenbauer neigen hingegen immer mehr den Theil ihrer Flügel, je mehr sich dieser Theil von der Achse entfernt.

Folgendes ist die Neigung der verschiedenen Theile der Flügel gegen die Ebene, in welcher die Umdrehung geschieht; Neigungen, die durch Smeatons Versuche als die vortheilhaftesten bestimmt worden sind.

Winkel, der mit der Ebene der Bewegung gemacht wird....					
18°	19°	18°	16°	12° ½	7°
auf 1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6

der Länge des Segels, indem man von der Achse sich entfernt.

Die besten Mühlen im französischen Flandern, die von Coulomb beobachtet wurden, liefern Ergebnisse, die denen von Smeaton beinahe ganz gleich sind. Die Neigungen der verschiedenen Theile des Flügels wechseln jedoch ab von dem Punkt an, der dem Mittelpunkt am nächsten liegt, bis zum entferntesten, von 30 bis zu 12 Graden in einigen Mühlen, und bis zu 6 in manchen andern.

Smeaton wechselte hernach mit der Breite der Flügel ab. Er fand daß, um die beste mögliche Wirkung zu erhalten, der breite Flügel unter einem größern Winkel geneigt seyn müsse: er sahe daß ein Flügel, der am Ende breiter ist als im Mittelpunkte, besser ist als ein rechteckiger Flügel; bei gleichen Flächen ist es die Gestalt des Trapez, welche die tauglichste scheint.

Smeaton fand daß über eine gewisse Grenze hinaus es eher schädlich als nützlich wäre, die Oberfläche der Flügel zu vergrößern, weil die Luft, nachdem sie dieselben getroffen hat, nicht mehr Raum genug zum Wegströmen findet.

Smeaton wollte durch Versuche das Verhältniß der frei sich umdrehenden Flügel, die keine Arbeit verrichten, zu denen kennen lernen, die eine so große Arbeit verrichten, als es möglich ist. Das Verhältniß dieser Geschwindigkeit im Allgemeinen ist 3 : 2; das heißt, wenn freie Flügel in einer gegebenen Zeit drei Umläufe machen, so werden Flügel, die in dieser Zeit die größte mögliche Arbeit verrichten können, nur zweimal sich umdrehen. Für die nämliche Mühle ist die Arbeit im Allgemeinen im Verhältniß zur Geschwindigkeit des Windes. Also wenn die Geschwindigkeit des Windes doppelt, dreifach, vierfach wird, so arbeiten die Flügel mit

einer Geschwindigkeit, die gleichfalls doppelt, dreifach, vierfach, u. s. f., ist.

Endlich ist in einer gegebenen Zeit die von einer Mühle verrichtete Arbeit proportionirt zu dem Quadrate der Geschwindigkeit des Windes.

Coulomb's Beobachtungen an den Mühlen des französischen Flanderns haben ihm bewiesen, daß auf mehr als fünfzig in der Umgegend von Lille zerstreute, und auf die nämliche Art dem Wind ausgesetzte Mühlen die nützliche Wirkung ungefähr gleich ist, obschon diese Mühlen einige Verschiedenheit in der Bauart haben, und ein wenig in der Neigung des Baumes, der die Flügel trägt, verschieden sind, so wie in der Anordnung der Flügel, was beweiset, daß diese Art von Bauten sich sehr dem Maximum der Wirkung nähern muß.

Wir wollen uns nicht in größere Umständlichkeiten einlassen über die Versuche, welche das vortheilhafteste Verhältniß kennen lehren können zwischen der Stellung und der Umdrehung der Mühlenflügel; wir wollen uns begnügen über diesen Gegenstand auf die Werke der beiden Ingenieurs, des französischen und des englischen, zu verweisen, die wir angeführt haben.

Folgendes ist, nach Coulomb, die jährliche, von den Mühlen in Flandern verrichtete Arbeit. In einem mittlern Jahre verfertigt jede Oelmühle vierhundert Tonnen Oel. Er findet daß diese Arbeit zusammentrifft mit der von acht Stunden täglich, alle Tage des Jahres hindurch, indem man eine Kraft hervorbringt von 34.728 Kilogrammen, einen Meter hoch in jeder Minute erhoben. Dies, wenn man zur dynamischen Einheit oder zum Dynam (1) eine Million

(1) Sieh über die Dyname das Ende der XVten Vorlesung.

Kilogramme nimmt, oder tausend Tonnen, einen Meter hoch gehoben, giebt als tägliche Arbeit $16\frac{2}{3}$ Dyname, wozu man ein Drittel mehr addiren muß für die Reibungen.

Es würde eine Dampfmaschine von Watt von ungefähr drei Pferden erfordern, um die nämliche nützliche Wirkung hervorzubringen.

Wenn man die Kraft des Windes anwendet zum Mahlen des Getreides, so findet man, daß es die nämliche Kraft erfordert um 1000 Kilogramme Getreide zu mahlen, wie um $3\frac{1}{2}$ Tonnen Oel zu verfertigen: diese Kraft ist gleich $5\frac{1}{4}$ Dynamen.

UND HAN

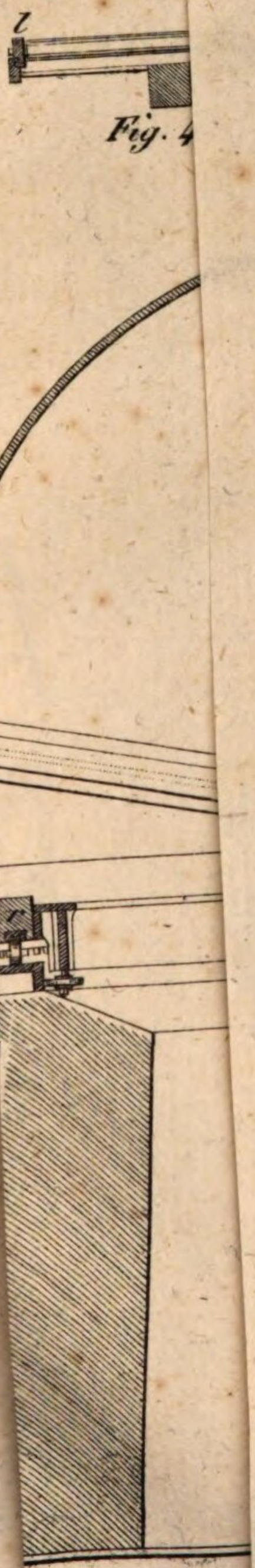


Fig. 4

Zwölfte Vorlesung.

Von der Wärme.

Die Wärme geht bald aus fremden Körpern in den unsrigen über, und dies bewirkt in uns die Empfindung der Wärme; bald geht sie aus unserm Körper in andre über, und dies bewirkt dann in uns die Empfindung der Kälte. Dieses Uebergehen hat nicht nur Statt zwischen dem menschlichen Körper und andern fremdartigen; es geschieht zwischen allen Körpern der Natur und verursacht Erscheinungen, die für den Gewerbfleiß äußerst wichtig sind.

So wie die Materie an Wärme zunimmt, nimmt sie auch an Umfang zu; wenn sie an Wärme verliert, wird auch ihr Umfang kleiner. Diese Beobachtung giebt ein Mittel an, die Wärme durch Werkzeuge zu messen. Die Körper von sehr bestimmter Gestalt verändern ihre Ausdehnung auf eine Art, die man leicht messen kann, und die man für das Gesicht bemerkbar macht: so sind die Thermometer, von welchen wir bald sprechen wollen. Wir wollen untersuchen, wie man dies Maß allgemein hat machen können für die Wärme der Körper.

Um einen Kilogramm Wasser von dem Wärmegrad des schmelzenden Eises bis zu dem des siedenden Wassers zu erheben, erfordert es eine Wärmegröße, die wir zur Grundlage aller Maße nehmen wollen. Wir wollen den hundertsten Theil dieser Größe Therm nennen. Wir theilen in hundert Grade die Stände der Wärme oder Tem-

peratur des Wassers, welches für jeden Kilogramm, 1, 2, 3... 100 Therme oder Theile von Wärme besitzt. (1)

Hier folgt nun für jeden Grad der Vermehrung der Wärme die Angabe der Verlängerung eines Prisma's oder Cylinders, dessen Länge vorgestellt wird durch die Zahl 1.000.000.

Nicht gehärteter Stahl	10,79
Gelber???, gehärteter Stahl, ausgeglüht auf 65°	12,40
Kapellensilber	19,10
Silbe nach dem Pariser Münzfuß	19,09
Kupfer	17,17
Messing	18,78
Indisches Zinn	19,38
Zinn aus Cornwallis	21,73
Geschmeidiges geschmiedetes Eisen	12,20
Rundes Eisen, durch das Zieheisen gezogen	12,35
Queckſilber (in einer Masse)	184,77
Scheidegold	14,67
Unausgeglühtes Gold nach dem Pariser Münzfuß	15,52
Dasselbe, ausgeglüht	15,14
Platina (nach Borda)	8,57
Blei	28,48
Englisches Flintglas	8,12
Französisches Glas mit Blei	8,72
Gläsernes Rohr, ohne Blei	8,97
Spiegelglas von St. Gobin	8,90.

Man sieht aus dieser Tafel die große Ausdehnung, welche das Queckſilber, und die geringe, welche das Glas erleidet. Auf diese beiden entgegengesetzten Eigenschaften des Queckſilbers und des Glases hat man die Einrichtung des Thermometers (Wärmemessers) gegründet.

Man denke sich eine vollkommen cylindrische Röhre, die an einem Ende eine hohle Kugel trägt von viel größerm

(1) 80 ehemalige Wärmegrade sind 100 neuen gleich. Wir werden uns nie der alten Eintheilung bedienen.

Durchmesser als der der Röhre ist. Nehmen wir zum Beispiel an, der Durchmesser der Kugel sey gleich zehnmal dem Durchmesser der Röhre : der Umfang der Kugel wird $66\frac{2}{3}$ mal so groß seyn, als der eines Cylinders, welcher denselben Durchmesser wie die Röhre, und dieselbe Länge, wie der Durchmesser der Kugel hat. Folglich werden die Umfangsvermehrungen einer Masse von Queckſilber, die genau die runde Kugel anfüllen würde, in der Röhre ſich zu einer $66\frac{2}{3}$ mal beträchtlichern Höhe erheben, als es das Queckſilber thun würde, das in dieſer Röhre eine Höhe einnimmt, gleich dem Durchmesser der Kugel. Durch dies Mittel macht man ſelbſt dem unbewaffneten Auge die Ausdehnung des Queckſilbers für jeden hunderttheiligen Grad bemerkbar. Man zeichnet auf einem Brettchen, in welches die Röhre und die Kugel voll Queckſilber eingefügt ſind, Abtheilungen, welche den verſchiedenen Graden der Wärme entſprechen, von Null an bis zu 100 Graden, und noch über dieſe Grenze hinaus.

Da die Röhre und die Kugel des Thermometers aus einem Stoffe beſtehen, der ſich durch die Wärme ausdehnt, und durch die Kälte an Umfang verliert, ſo hat dieſer Wechſel Einfluß auf die Ausdehnung der vom Queckſilber durchlaufenen Räume, wenn die Wärme zu- oder abnimmt. Man beugt dieſem Nachtheile vor durch die Art, wie man die Thermometer verfertigt und abtheilt.

Wenn man die verſchiedenen Körper, die wir in der vorigen Tafel aufgezählt haben, durch alle Wärmegrade gehen läßt, die es uns möglich iſt hervorzubringen, ſo bemerkt man, daß eine gewiſſe Anzahl von Stoffen einen ungefähr proportionirten Gang befolgen. Von dieſer Art ſind das Queckſilber, das Glas und im Allgemeinen die Metalle, ausgenommen der gehärtete Stahl. Dennoch muß man bemerken, daß nicht jeder feſte Körper ſich gleichmäßig ausdehnt für eine nämliche Anzahl von Graden, die man von verſchiedenen Punkten an auf dem Maßſtabe des Thermometers nimmt.

Folglich ist es nicht ganz richtig zu sagen, die Ausdehnung der Körper sey bestimmt proportionirt zu den Wärmegraden, welche diese Körper erleiden; sie wird beträchtlicher, so wie die Wärme zunimmt. Also ist die Ausdehnung der Metalle größer von 200 bis zu 300, als von 100 bis zu 200 Graden. Diese Verstärkung wird besonders merkwürdig, wenn man dem Grad nahe kommt, wo die Körper zu schmelzen anfangen. Dennoch kann man in der Praxis der Künste, und für Abwechslungen der Wärme, die nicht sehr weit gehen, ohne merklichen Irrthum annehmen, daß die Veränderung des Umfangs der Körper im Verhältniß ist zu der Anzahl der Wärmegrade, die sie erwerben oder verlieren.

Das Queckſilber ist vielleicht die Flüssigkeit, welche die geringsten Abweichungen in ihren Ausdehnungen darstellt, zum Beispiel von Einem, bis zu hundert Graden. In dieser Hinsicht ist das Queckſilber-Thermometer eines der besten Werkzeuge, die man gebrauchen kann.

Die Ausdehnung des Wassers zwischen Null und hundert Graden ist weit davon entfernt, jene Gleichförmigkeit darzustellen, welche die Ausdehnung des Queckſilbers bezeichnet. Dies beweist folgende kleine, aus Thompsons Werk gezogene, Tabelle:

Grade des Thermometrrs.	Umfänge des Wassers.	Unterschiede der Umfänge.	Mittlere Ausdehnungen für einen Grad.
10°	1,00023		
15° 55	1,00091	0,00068	0,000123
21° 11	1,00197	0,00106	0,000191
26° 66	1,00332	0,00135	0,000243
32° 22	1,00594	0,00262	0,000472
37° 77	1,00908	0,00314	0,000566
48° 88	1,01404	0,00496	0,000447
65° 55	1,02017	0,00613	0,000367
87° 77	1,03617	0,01600	0,000720
100°	1,04557	0,00940	0,000768

Die Körper stellen sich uns unter drei genau geschiedenen Gestalten dar : die einen sind fest, wie die Holze, Steine, Krystalle, u. s. w.; die anderen sind gewöhnlich flüssig (tropfbar), wie Queckſilber, Wasser, Oele, u. s. f. Eine dritte Klasse besteht aus den luftförmigen Körpern, wie die atmosphärische Luft, das Wasserstoffgas, der Wasserdampf, das kohlensaure Gas, u. s. w.

Es giebt gewisse Körper, die durch gehörige Vermehrungen der Wärme nacheinander vom festen zum flüssigen, und vom flüssigen zum luftartigen Zustand übergehen. Die nämlichen Körper, durch entsprechende Verminderungen der Wärme, gehen hernach vom gasartigen Zustande zum flüssigen, und von diesem zum festen zurück. Man beobachtet dann äußerst merkwürdige Erscheinungen, die wir bemerklich machen wollen, indem wir als Beispiel einen der für den Kunstfleiß nützlichsten Körper wählen, das Wasser nämlich.

Nimmt man einen Kilogramm Eis, so wird er dem Gesetze der Verdichtungen oder der Ausdehnungen aller festen Körper folgen, so wie man ihn durch unmerkliche Grade unter der Wärme des schmelzenden Eises wird gehn machen. Die Mittheilung der Wärme von zwei Maßen Eis, deren Wärmegrad verschieden ist, wird geschehen nach dem allgemeinen Gesetze der festen Körper. So, zum Beispiel, wenn man zwei Kilogramme Eis oder Schnee zusammen bringt, den einen zu 10, den andern zu 20 Graden unter dem Wärmegrade von Null, und wenn man solche Maßregeln nimmt, daß der Wärmegrad in beiden Körpern gleich wird, so werden beide Kilogramme auf 15 Grade dieser Temperatur steigen; so daß ein Kilogramm genau die Anzahl von Graden gewonnen hat, die der andere verlor.

Eben so wenn man zwei Kilogramme flüssigen Wassers zusammenmischte, den einen zu 10, den andern zu 20 Graden über dem Wärmegrad des siedenden Wassers, so würde die Mischung auf 15 Grade über diese Temperatur erhöht seyn.

Eben so wenn man einen Kilogramm Dampf zu 10 Graden mit einem Kilogramm Dampf zu 20 Graden über der Temperatur des schmelzenden Eises vermischte, würde die Mischung, in einem Raume gleich der Gesammtheit der zwei von beiden Kilogrammen Dampf eingenommenen Räume, auf die Temperatur von 15 Graden erhöht seyn.

Wollte man aber einen Kilogramm Eis mit einem Kilogramm Wasser zusammen bringen, so würde das eben angezeigte Gesetz nicht mehr beobachtet werden. Sollte die Mischung beider Kilogramme zwei Kilogramme Wasser im Wärmegrad des schmelzenden Eises hervorbringen, so würde dies, zum Beispiel, einen Kilogramm Eis auf Null mit einem Kilogramm Wasser auf 75 Grade über die Wärme des schmelzenden Eises erhöht, erfordern. Folglich muß ein Kilogramm Eis auf Null, damit er sich in einen Kilogramm Wasser gleichfalls auf Null verwandle, 75 Therme einschlucken. Diese Wärmegröße wird, wie man sieht, durch das Thermometer gar nicht angezeigt, sie ist verborgen, sie gehört zur Bildung des Wassers selbst. Deswegen hat man sie **gebundene**, das heißt verborgene, **Wärme** genannt.

Eine ähnliche Erscheinung hat Statt, wenn man einen Kilogramm Dampf nimmt, um ihn mit 5½ Kilogrammen Wasser auf Null zu verbinden. Die Mischung giebt eine Gesammtmasse von 6½ Kilogrammen, erhöht auf 100 Grade, das heißt auf den Punkt, wo das Wasser siedend wird und im Begriffe ist, sich in Dämpfe zu verwandeln. Es ist also zwischen einem Kilogramm Wasser auf 100 Graden Wärme, und einem Kilogramm Dampf auf demselben Grade, ein hinlänglicher Unterschied an Wärme, um 5½ Kilogramme Wasser von der Temperatur Null auf den Wärmegrad von 100 Graden zu erheben. Also kann man sagen daß ein Kilogramm Wasserdampf 650 Therme mehr enthalte, als ein Kilogramm Wasser auf Null; so wie ein Kilogramm Wasser auf Null, verglichen mit einem

Kilogramm Eis von derselben Temperatur, 75 Therme mehr enthält. Die Kenntniß dieser im Wasser und im Dampfe verborgenen Wärmegrößen ist sehr wichtig, um die Wirkung der Dampfmaschinen zu berechnen.

Nachdem wir die verschiedenen Erscheinungen der Wärme untersucht haben, die das Wasser uns darbietet in seinen verschiedenen Zuständen als fester, flüssiger und luftförmiger Körper, müssen wir die ähnlichen Wirkungen vergleichen, welche durch die Wärme auf andre Körper ausgeübt werden. Wenn man einen Kilogramm Eisen, Kupfer, Quecksilber, in Berührung bringt mit einem Kilogramm Wasser vom nämlichen Wärmegrad, so geht kein Theil der Wärme aus einem Stoffe in den andern über. Sind die Wärmegrade verschieden, so geht ohne Zweifel ein Theil der Wärme aus dem Körper, der am Thermometer die größte Wärme anzeigt, über in den andern. Aber der gemeinsame Wärmegrad der beiden Körper ist nicht mehr die arithmetische Mittelgröße zwischen den beiden Wärmegraden, wie bei zwei Kilogrammen Wasser. Folglich ist die in den verschiedenen Körpern enthaltene Wärmegröße nicht dieselbe; und man kann diese Größen genau berechnen, wenn man zum Vergleichungspunkte, zum Beispiel, die Wärmegröße nimmt, die nöthig ist um einen Kilogramm flüssigen Wassers um einen Grad zu erheben; eine Größe, die wir Therm genannt haben. Wir werden finden, daß die in folgender Tabelle aufgezählten Körper um einen Wärmegrad abwechseln für eine Bruchzahl von Thermen, die vorgestellt wird durch die gegenüberstehende Zahl.

Namen der Körper.	Spezifische beziehungsweise Wärme.	Namen der Gelehrten welchen man die Angaben verdankt.
Gemeines Wasser	1,0000	
Eis	0,9000	Kirwan.
Schwefel	0,2085	Lavoisier und Laplace.

Namen der Körper.	Spezifische beziehungsweise Wärme.	Namen der Gelehrten, welchen man die Angaben verdankt.
Geschmiedetes Eisen		0,1100 Lavoisier und Laplace.
Kupfer		0,1111 Crawford.
Kanonengut		0,1100 Rumford.
Zink		0,0943 Crawford.
		0,1020 Wilcke.
Silber		0,0820 Derselbe.
Zinn		0,0475 Lavoisier und Laplace.
Spießglas		0,0645 Crawford.
Gold		0,0500 Wilcke.
Blei		0.0282 Lavoisier und Laplace.
Queckſilber		0,0290 Dieſelben
Bismuth		0,0430 Wilcke.
Gelbes Bleioxyd		0,0680 Crawford.
		0,0680 Kirwan.
Zinkoxyd		0,1369 Crawford.
Kupferoxyd		0,2272 Derſelbe.
Ungelöſchter Kalk		0,2169 Lavoisier und Laplace.
Glas ohne Blei		0,1929 Dieſelben.
Salpeterſäure, die ſpezifiſch wiegt	1,2989	0,6614 Dieſelben.
		0.6200 Leslie.
Schwefelſäure	1,872	0,3400 Derſelbe.
	1,870	0,3346 Lavoisier und Laplace.
Schwefelſäure, vier Theile Waſſer, fünf Theile		0,6031 Dieſelben.
Seeſalz, ein Theil Waſſer, acht Theile		0,8320 Crawford.
Salpeter, ein Theil Waſſer, acht Theile		0,8187 Lavoisier und Laplace.
Rektifizirter Weingeiſt oder Alkohol		0,6400 Leslie.
Baumöl		0,5000 Derſelbe.
Leinöl		0,5280 Kirwan.
Terpentinöl		0,4720 Derſelbe.
Wallfiſchthran		0,5000 Crawford.

Auf dieſer Tafel ſehn wir zum Beiſpiel gegen dem geſchmiedeten Eiſen über die Zahl 0,11. Dies bedeutet, daß ein Kilogramm von ſolchem Eiſen, wenn er um einen Grad

kälter wird, eine Wärmegröße verliert, die hinreicht, um einen Kilogramm Wasser $^{11}/_{100}$ Grad wärmer zu machen. Man sieht auch daß, um aus einer Temperatur in eine andre überzugehn, ein Kilogramm Wasser eine stärkere Wärmegröße erfordert, als ein Kilogramm von jedem der andern in vorstehender Tafel aufgeführten Körper.

Dieselbe Tafel könnte leicht dazu dienen, zu zeigen, welches die Temperatur sey, die eine Mischung von zwei beliebigen unter den darin benannten Körpern annehmen muß.

Wenn man durch 75 jede von den Zahlen der Tafel dividirte, so erhielte man das Gewicht des Eises, welches ein Kilogramm dieser Körper zu schmelzen vermag, indem er einen hunderttheiligen Grad von Wärme verliert. Durch das Schmelzen des Eises hat man überhaupt den spezifischen Wärmestoff der Körper gemessen durch ein Werkzeug, das man Calorimeter nennt: man verdankt es den HHrn. Lavoisier und Laplace.

Bis jetzt haben wir untersucht, nach welchem Gesetze die Mittheilung der Wärme geschieht. Nun müssen wir anzeigen, was bei der Hervorbringung der Wärme selbst vorgeht; welche Hervorbringung geschehn kann durch Reibung oder durch Verbrennen. Da das letztere Mittel mächtiger ist, so gebraucht man es in den Maschinen, wo man die Wärme als bewegende Kraft benützen will. Wir wollen hier über die Erscheinung des Verbrennens nicht in Einzelnheiten eingehn, die der Chemie angehören. Wir wollen uns begnügen zu bemerken, daß die atmosphärische Luft aus zwei Gasen zusammengesetzt ist, so daß auf 100 Theile einer Masse der eine, den man Stickstoff nennt, und der nicht zum Verbrennen dient, 79 Theile einnimmt; und der andre, den man Sauerstoff nennt, und der zum Verbrennen unentbehrlich ist, 21 Theile einnimmt.

Ein Kubikmeter Luft wiegt in der Temperatur von Null $1^{\text{Kilogr.}},298$; nämlich $1^{\text{Kilogr.}},026$ Stickstoff, und $0^{\text{Kilogr.}},272$

Sauerstoff. Also ist die Luft ungefähr 800mal leichter als das Wasser.

Das vorzüglichste Brennmaterial, das der mechanische Gewerbfleiß gebraucht, ist die Steinkohle, dann folgen die Holzkohlen und das Holz. Man kann noch andre Körper gebrauchen. Wir wollen die vorzüglichsten aufzählen, die mehr oder minder wichtig sind, nach den beziehungsweisen Vortheilen, welche ihre Preise und Eigenschaften darbieten.

Tafel der durch das Verbrennen eines Kilogramms von verschiedenen Körpern hervorgebrachten Wärme.

Brennmaterialien.	Kilogram. geschmolzenen Eises.	Therme.
Reines Wasserstoffgas	295	22125
Baumöl nach Laplace 11116 / Dasselbe nach Rumford 9044 } Mittelgröße . . .	134	10080
Gereinigtes Rübsamenöl	124	9307
Weißes Wachs { 10500 / nach denselben { 9479 } Mittelgröße	133	9990
Talg, eben so. { 7186 / 8369 } Mittelgröße	104	7777
Phosphor	100	7500
Naphta, spezifisches Gewicht 0,829 auf 13°,3	98	7338
Schwefeläther . . . . . 0,728 auf 20°	107	8030
Holzkohle	94	7050
Reines Coke (Art Steinkohlen)	94	7050
Coke, das 0,1 Asche giebt	84,6	6345
Steinkohle, erster Gattung, die 0,02 Asche giebt. .	94	7050
Dieselbe, 2ter Gattung . . . . 0,1.	84,6	6345
Dieselbe, 3ter Gattung . . . . 0,2.	76,1	5932
Beliebiges dürres Holz	48,88	3666
Holz, das 0,2 Wasser enthält.	38.41	2945
Guter Torf	26,66	2000
Schlechter Torf.	15	1125
Weingeist von 42°	82	6195
Derselbe von 33°	70	5261

Erinnern wir uns, daß wir mit 650 Thermen einen Kilogramm Wasser auf Null in Dampf verwandeln können. Folglich um 1000 Kilogramme Wasser auf Null in Dämpfe zu verwandeln, wird die in folgender Tafel angegebene Menge

von Brennmaterial nöthig seyn. Diese Tafel enthält zugleich das Gewicht des Dampfes, den man hervorbringen kann mit einem Kilogramm Brennmaterial, und den Werth von 1000 Kilogrammen Dampf, der durch die verschiedenen Brennmaterialien hervorgebracht wird.

Menge von Brennmaterial, die nöthig ist, um 1000 Kilogramme Wasser von der Temperatur des schmelzenden Eises in Dämpfe zu verwandeln.

Brennmaterial, ein Kilogramm.	Dampf durch 1 Kilogr. Brennmaterial hervorgebracht.	Kilogr. von Brennmaterial für 1000 Kilogr. Dampf.
	Kil.	Kil.
Holzkohle	7,050	141,18
Reines Coke	7,050	141,18
Coke, das 0,1 Asche giebt.	6,345	157,75
Steinkohle, erster Gattung, die 0,02 Asche giebt.	7,050	141,18
Steinkohle, die . . . . . 0,1 . . . giebt.	6,345	157,75
Steinkohle, die . . . . . 0,2 . . . giebt.	5,932	168,57
Sehr dürres Holz aller Art.	3,666	272,94
Holz, das 0,2 Wasser enthält	2,945	339,55
Guter Torf.	2,000	500,00
Schlechter Torf	1,125	888,88
Weingeist von 42°.	6,195	161,42
Derselbe von 33°.	5,261	190,07

Diese Tafeln beweisen den Vortheil, den man dabei findet, sich der Steinkohlen zu bedienen, selbst an den Orten, wo die Theurung des Herbeischaffens diesen Kohlen einen ziemlich hohen Preis giebt.

Man bewirkt das Verbrennen der Kohle indem man jenen Stoff verbrennt, den man Kohlenstoff nennt, und der sich in kohlensaures Gas verwandelt, wenn er den Sauerstoff des Luftkreises einschluckt. Das Gewicht der Kohle geht in das Gas über für 274 Tausendstel, und das des Sauerstoffes für 726 Tausendstel. Setzen wir hinzu, daß das Gewicht eines Kubikmeters von kohlensaurem Gas, in der

mittlern Temperatur des Luftkreises und bei einem barometrischen Druck von 76 Centimetern $1^{\text{Kilogr.}},972$ beträgt.

Daraus geht hervor, daß ein Kilogramm Kohle zur gänzlichen Verbrennung erfordert: $2^{\text{Kilogr.}},76$ Sauerstoff, der sich in einer Masse Luft findet, die $12^{\text{Kilogr.}},61$ wiegt, und $9^{\text{Kubikmet.}},701$ einnimmt. Diese $9^{\text{Kubikmet.}},701$, der Temperatur von Null entsprechend, bilden 10 Kubikmeter in der Temperatur von $10^{1}/_{2}$ Graden.

Bei den gewöhnlichen Erscheinungen des Verbrennens, wie sie im Innern der Oefen sich zeigen, muß eine Luftmasse, die um vieles jene überstiege, welche eine völlige Zersetzung erheischen würde, auf die Kohle hinströmen. Die besten Vorrichtungen brauchen eine doppelt so große Luftmenge als die ist, welche streng genommen zum Verbrennen hinreichend wäre. Daher erfordert es in den vollkommensten Vorrichtungen, wie die rauchverzehrenden Oefen sind, wenigstens 20 Kubikmeter Luft für das Verbrennen eines einzigen Kilogramms Kohlen. Diese Angaben sind nützlich, wenn man die Weite und die Gestalt der Herde, Oefen und Schornsteine bestimmen will. Sie dienen zur Grundlage für folgende Rechnungen.

	Kilogr.
Kolensaures Gas, der Kubikmeter wiegt	1,972
Jeder Kilogramm enthält an Sauerstoff	0,726
an Kohlenstoff. . . .	0,274
Ein Kilogramm Kohlenstoff bringt im Verbrennen $^{1000}/_{274}$	
Kubikmeter Kohlensäure hervor = ...	1
Gewicht des Sauerstoffes = ...	2,650
Gewicht des zu diesem Sauerstoff gehörigen Stickstoffs.	9,996
Gewicht, gleich dem vorstehenden des Sauerstoffs und Stickstoffs, das die unzersetzte Luft vorstellt, die in den Ofen einströmt	12,646
Gesamntgewicht des Kohlenstoffes, Sauerstoffes und Stickstoffes	26,292

Massen.	Kubikmet.
Kohlensaures Gas	1,850
Masse des Stickstoffes der zersetzten Luft	7,69
Masse unzersetzter Luft	9,925
Gesammtmasse, nach dem Verbrennen	19,465

Wir sahen so eben daß man zum Verbrennen eines Kilogramms Kohlen beinahe 20 Kubikmeter atmosphärischer Luft gebrauchen muß; dies bringt im Ganzen $19^{\text{Kubikmet.}},465$ Rauch hervor, welcher wiegt $26^{\text{Kilogr.}},292$. Der Kubikmeter des auf diese Art hervorgebrachten Rauches wiegt $1^{\text{Kilogr.}},350$, indeß der Kubikmeter atmosphärischer Luft $1^{\text{Kilogr.}},298$ wiegt. Also würde der Rauch, in der nämlichen Temperatur von Null, wie die atmosphärische Luft, herabsinken, statt zu steigen.

Der Umfang der Gase nimmt um $\frac{1}{267}$ zu für jeden Grad der Temperatur. Fragen wir nun, welche Zahl von Graden nöthig sey, damit der Rauch dieselbe spezifische Schwere erhalte, wie die atmosphärische Luft? Durch eine einfache Proportion finden wir, daß es hinreicht, die Temperatur des Rauches um $11^{\circ},46$ über die Temperatur der atmosphärischen Luft zu erhöhen: dieser Unterschied würde nur dazu dienen, den Rauch mit der atmosphärischen Luft ins Gleichgewicht zu setzen, ohne daß er steigen oder sinken müßte; er muß also diesen Unterschied erworben haben. Die ganze Wärmegröße über jenem Grad der Temperatur wird dazu dienen, den Rauch leichter zu machen, folglich ihn steigen zu machen in dem Rauchfange mit einer bewegenden Kraft, die gegeben wird durch den Unterschied der spezifischen Schweren der Luft und des Rauches.

Man hat durch Rechnungen die Geschwindigkeit des Rauches in den Schornsteingängen bestimmen wollen, indem man bloß auf den Unterschied des Druckes der Atmosphäre an den beiden Enden des Schornsteins Rücksicht nahm;

man gelangte aber nur zu Ergebnissen, die sehr weit von der Wahrheit entfernt sind.

Wir rathen den Personen, welche diesen Gegenstand gründlich behandeln wollen, geradezu Versuche zu machen zur Messung der Geschwindigkeit der aufsteigenden Bewegung des Rauches, vermittelst eines kleinen Anemometers (Windmessers), das sie an dem Eingange des Rauchfanges anbringen, und eines andern, das sie auf den Gipfel desselben Schornsteins zu stellen haben.

Bemerken wir im Vorbeigehen, daß die nicht zersetzte atmosphärische Luft, die sich mit dem Rauche vermischt, das Aufsteigen desselben sehr manchfach verändert.

Man gebraucht für die Dampfmaschinen Holz, Torf und Steinkohlen. Wenn man Holz gebraucht, so muß es sehr trocken seyn. Ist es in Kohlen verwandelt, so ist der Gebrauch desselben vortheilhafter; es giebt keinen Rauch, der die Wirkung des Verbrennens vermindern könnte. Die verkohlte Steinkohle oder das Coke gewährt einen ähnlichen Vortheil.

Wenn die Hitze auf eine Flüssigkeit wirkt, so dehnen sich zuerst die Theilchen der flüssigen Schicht aus, die an der Wand anliegt, welche sie vom Feuer trennt. Ihre spezifische Schwere wird geringer, und dadurch erheben sie sich nach der Oberfläche der Flüssigkeit. Eine zweite Schicht ersetzt die erste, und steigt hernach eben so aufwärts in unmerklichen Kügelchen, so wie diese Kügelchen erhitzt werden; und so verbreitet sich die Wärme in den Flüssigkeiten. Es hat wohl auch eine unmittelbare Mittheilung der Wärme von einer Schicht zur andern Statt, unabhängig von der unmerklichen Bewegung, die wir so eben beschrieben haben; aber diese Mittheilung ist nicht sehr beträchtlich. Auch beweist die Erfahrung, daß es viel vortheilhafter ist, eine flüssige Masse zu erwärmen indem man die Hitze von unten einströmen läßt; so wie es für die Abkühlung vortheilhafter ist, sie vom obern Theile an abzukühlen. Folglich muß, zur

Erhitzung der Wassermasse, die für Dampfmaschinen dienen soll, die Hitze vorzüglich auf den Boden des Kessels wirken. Je beträchtlicher die mit der Hitze in Berührung gesetzte Oberfläche des Bodens ist, desto schneller erfolgt die Erhitzung, und folglich die Verwandlung in Dämpfe. Bei übrigens gleichen Umständen werden also die besten Kessel die seyn, welche die größte Grundfläche in Hinsicht auf ihre Höhe haben.

Ist die Hitze sehr groß, und durchdringt sie nicht nur die untere Schicht, sondern auch die obere, dann verwandeln sich die Wassertheilchen der untern Schicht in Dampfblasen, deren Umfang zunimmt, je mehr diese Blasen sich der Oberfläche der Flüssigkeit nähern.

Sobald in einer freien Flüssigkeit das Sieden anfängt, bleibt die Temperatur beständig gleich, und alle äußere Hitze, die in diese Flüssigkeit eindringt, wird dazu verwendet, einen immer größern Theil derselben in Dampf zu verwandeln. Diese, von der Flüssigkeit eingesaugte Hitze, um sie in Dampf zu verwandeln, ist sehr groß, obgleich der unmittelbar gebildete Dampf keine größere Erhöhung der Temperatur anzeigt, als die Flüssigkeit selbst, die ihn liefert. Es ist leicht, darüber gewiß zu werden vermittelst eines Thermometers, das man abwechselnd in die Flüssigkeit und in den Dampf eintaucht.

Man hat durch die Erfahrung bewiesen, das 650 Wärme-Einheiten oder Therme nöthig sind, um jeden Kilogramm Wasser auf Null in Dampf zu verwandeln.

Der atmosphärische Druck setzt sich der Verdampfung der Flüssigkeiten entgegen. Je beträchtlicher dieser Druck ist, desto mehr Hitze erfordert es, um das Wasser in Dampf zu verwandeln. Also geht es unten in den Bergwerken nur bei einer Temperatur über 100 Graden in Dampf über; während es auf hohen Bergen sich bei einer Temperatur unter 100 Graden schon in Dampf auflöst.

Die Gase oder luftähnlichen Flüssigkeiten erhitzen sich wie die tropfbaren, indem sie warme Strömungen bilden, die aufsteigen, und kalte, die herabströmen um jene zu ersetzen. Die unmittelbare Mittheilung der Wärme ist indeß größer zwischen den Theilchen der Gase, als zwischen denen von tropfbaren Flüssigkeiten.

Vergleicht man die nöthigen Wärmegrößen, um das Wasser und verschiedene Gase um Einen Grad der Temperatur zu erhöhen, so bildet man folgende Tafel:

	Spezifische Wärme.
Wasser	1,0000
Wasserdampf	0,8470
Atmosphärische Luft	0,2669
Wasserstoffgas	3,2936
Kohlensäure	0,2210
Sauerstoff	0,2361
Stickstoff	0,2754
Stickstoffoxyd	0,2369
Oelerzeugendes Gas	0,4207
Kohlenstoffoxyd	0,2884.

So wie die Gase erhitzt werden, dehnen sie sich aus im Verhältniß zur Erhöhung ihrer Temperatur. Für jeden Wärmegrad und unter einem beständig gleichen Druck nimmt ihr Umfang zu um 1 dividirt mit 266,67, oder 0,00375 ihres Umfanges in der Temperatur von Null. Man verdankt Hrn. Gay-Lussac den Beweis dieser schönen Eigenschaft elastischer Flüssigkeiten zwischen 0 und 100°. Die HHrn. Petit und Dulong haben ihn hernach auf höhere Temperaturen ausgedehnt.

Man betrachtet es als einen Erfahrungssatz, daß die Zeit, die nöthig ist um eine Masse kalten Wassers in Dampf zu verwandeln, fünf- bis sechsmal so lang ist als die, welche man braucht, um dies Wasser bis zur Temperatur des Siedens zu bringen.

Ein Kubikmeter Wasser, gemessen im Maximum der Verdichtung, das heißt ungefähr bei 3°,89, in Dampf verwandelt unter einem Druck von 76 Centimetern Queckſilber, nimmt einen Raum ein von $1696^{\text{Kubikm.}},4$.

Nach dieſer Angabe ſieht man, daß ein Kubikmeter Dampf, unter dem Druck von 76 Centimetern und in der Temperatur des ſiedenden Waſſers, 1000 Kilogramme wiegen muß, dividirt mit 1696,4, oder 589 Gramme.

Nach einem Verſuche des Hrn. Gay-Luſſac bringt Waſſer, das bis auf 19°,59 unter Null erkältet iſt, im leeren Raum einen Dampf hervor, der einer Queckſilberſäule von $1^{\text{Millim.}},353$ das Gleichgewicht hält. In der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes hält der Dampf das Gleichgewicht einer Queckſilberſäule von $5^{\text{Millim.}},059$ Höhe. Dies iſt die Grenze der Menge von Dampf, die ſich im leeren Raume bilden kann, hervorgebracht über einer beliebigen Waſſermenge in der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes. Es beſteht alſo ein nothwendiges Verhältniß zwiſchen der Spannung des Dampfes und ſeiner Temperatur.

Macht man, durch ein beliebiges Mittel, daß eine gegebene Menge von Dampf einen größern Raum einnimmt, ſo bemerkt man, daß der Dampf durch ſich ſelbſt abgekühlt wird.

So oft man mit Dampf einen feſten oder flüſſigen Körper in Berührung bringt, der kälter iſt als der Dampf, ſo ſtrebt er, ihn zu verdichten.

Läßt man in einen beſchränkten Raum neuen Dampf ein, ſo wird die Temperatur dieſes Dampfes erhöht. Die Spannung des Dampfes nimmt zu bis zu einer gewiſſen Grenze, über welche hinaus ein Theil des Dampfes ſich in Flüſſigkeit verwandelt, und die Spannung beſtändig gleich bleibt.

Bringt man Dampf in Berührung mit einem Körper von minder hoher Temperatur, wenn dieſer Dampf das Maximum der Spannung erreicht hatte, welches ſeine

Temperatur zuließ, so kühlt er sich ab; ein Theil des Dampfes verwandelt sich in Flüssigkeit, bis der übrig bleibende die Spannung angenommen hat, die seiner neuen Temperatur angemessen ist.

Wir wollen die Ergebnisse darstellen, die von Physikern gefunden wurden, welche Versuche anstellten über die Kraft des Dampfes in verschiedenen Graden der Temperatur, und über den Hitzegrad, der zur Hervorbringung dieser Kraft nöthig ist.

In England und in Frankreich haben Watt, Southern und Dalton, Betancourt, Gay-Lussac, Dulong und Petit, Clement und Desormes, und Christian, Versuche gemacht über die Kraft des Dampfes in verschiedenen Temperaturen.

Die Versuche der HHrn. Southern, Clement und Desormes, und Christian, stellen eine merkwürdige Uebereinstimmung dar, die wir durch folgende Tafel klar machen wollen.

Drückungen, ausgedrückt in Atmosphären.	Grade des Thermometers die diesen Drückungen entsprechen.		
	Southern.	Clement und Desormes.	Christian.
	Grade.	Grade.	Grade.
1	100	100	100
2	121 30	121 55	122
4	145 33	144 95	144 82
8	173 11	172 13	167 50

Man hat die Wahrheit des Grundsatzes von Mariotte bestätigt, wenigstens für mittlere Drückungen: daß die Dichtigkeit des zusammengepreßten Wasserdampfes proportionirt ist zu den von diesem Dampf erlittenen Drückungen, und folglich daß der Umfang genau im umgekehrten Verhältnisse dieser Drückungen ist, wenn man annimmt, daß die Temperatur immer dieselbe bleibt.

Nach den Versuchen des Hrn. Gay-Lussac, wie wir Seite 302 und 303 sagten, nimmt der Dampf, so wie er die Temperatur verändert, an Umfang um $^{100}/_{26667}$ zu für jeden Grad der Erhöhung, und nimmt im nämlichen Verhältniß ab für jeden Grad der Erniedrigung auf dem hundertgradigen Thermometer.

Die Kenntniß dieser Thatsachen hat es möglich gemacht, folgende Tafel auszurechnen.

Maß der Drückungen				Umfang von 1000 Kilogrammen Dampf	
in Graden des Thermometers.	in Atmosphären.	in Barometerhöhen mit Quecksilber.	in Barometerhöhen mit Wasser.	auf 100°.	in der seinem Druck entsprechenden Temperatur.
Grade.		Millimet.	Meter.	Kubikmet.	Kubikmet.
182 00	10	7600	103,36	170,00	207,98
177 40	9	6840	93,02	188,89	228,72
172 13	8	6080	82,68	212,50	254,27
166 42	7	5320	72,35	242,85	286,70
160 00	6	4560	62,01	283,33	329,65
156 70	5 50	4180	56,85	309,10	356,86
153 30	5	3800	51,68	340,00	389,38
149 15	4 50	3420	46,52	377,77	428,36
144 95	4	3040	41,34	425,00	477,05
140 35	3 50	2660	36,18	485,70	539,10
135 00	3	2280	31,00	566,70	620,74
132 15	2 75	2090	28,42	618,20	672,36
128 85	2 50	1900	25,84	680,00	733,45
125 50	2 25	1710	23,26	755,50	808,00
121 55	2	1520	20,67	850,00	899,91
117 10	1 75	1330	18,09	971,40	1016,66
112 40	1 50	1140	15,51	1133,30	1171,59
106 60	1 25	950	12,93	1359,90	1384,36
100 00	1	760	10,34	1700,00	1700,00
92 00	0 75	570	7,76	2266,60	2217,20
82 00	0 50	380	5,18	3400,00	3229,36
66 00	0 25	190	2,60	6800,00	6198,38
51 45	0 125	95	1,30	13600,00	11801,00
38 00	0 0625	47,5	0,65	27200,00	19917,50
12 00	0 0141	10,71	0,1456	120670,00	91735,60

Watt erkannte zuerst den Vortheil, die Kraft des Dampfes zu gebrauchen nicht nur bei dem einfachen Druck einer Atmosphäre. sondern bei dem Druck von $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ .... $\frac{1}{8}$ Atmosphäre, indem man seine natürliche Ausdehnungskraft wirken läßt. Nach seinen Angaben, wenn man die Wirkungen der Hervorbringung einer beständig gleichen Menge von Dampf auf 100 Graden oder einer Atmosphäre vergleicht, und jenes Dampfes, der sich von Natur ausdehnt, so findet man für einen Losschlag (détente)

von	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{7}{8}$
Wirkung	1 ;	1,7 ;	2,1 ;	2,4 ;	2,6 ;	2,8 ;	3 ;	3,2.

Wenn man die Masse bei jeder Temperatur hervorgebrachten Dampfes multiplizirt mit dem Druck, den diese Masse aushält, so hat man das Gewicht, das auf einen Meter Höhe kann gehoben werden. Indem man von Watts Grundsatz ausgeht über die Kraft, die hervorgebracht wird während dem Losschlage des Dampfes, so berechnet man hernach das Gewicht, welches der Dampf bei seinem Losschlag erheben kann. Vermittelst dieser Angaben hat Hr. Clement folgende Tafel verfertigt, die er mit der vorstehenden auf den nämlichen Bogen abdrucken ließ :

Atmosphären.	Mechanische Macht, herrührend von der Hervorbringung eines Kilogr. Dampf.	herrührend vom Losschlag, bis zum Druck von einem 71stel Atmosphäre von 12 Graden der Temperatur.	gesammte von 1 Kilogramm Dampf, der 650 Therme enthält.	herrührend von 1 Kilogr. Kohle, der im Verbrennen 7050 Therme giebt.
	Subdyname.	Subdyname.	Subdyname.	Subdyname.
10	21,50	106,12	127,62	1384,19
9	21,28	103,80	125,08	1356,63
8	21,04	101,12	122,16	1324,81
7	20,76	98,34	119,10	1291,77
6	20,45	95,11	115,56	1253,37
5 50	20,29	93,31	113,60	1232,13
5	20,13	91,35	111,48	1209,13
4 50	19,93	89,24	109,17	1184,07
4	19,73	86,97	106,70	1158,29
3 50	19,51	84,35	103,86	1126,49
3	19,25	81,41	100,66	1091,77
2 75	19,11	79,77	98,88	1072,57
2 50	18,96	77,97	96,93	1051,33
2 25	18,80	76,02	94,82	1028,43
2	18,61	73,82	92,43	1002,51
1 75	18,39	71,78	89,77	973,65
1 50	18,17	68,70	86,87	942,20
1 25	17,89	65,49	83,38	904,35
1	17,58	61,65	79,23	859,35
0 75	17,19	56,84	74,03	802,95
0 50	16,71	50,30	67,01	726,80
0 25	15,95	39,58	55,53	602,30
0 125	15,25	29,40	44,65	484,38
0 0625	14,61	19,65	34,26	371,60
0 0141	13,39	000,00	13,39	145,23

Man würde sich sehr irren, wenn man meinte, auch nur einen annähernden Werth zu erhalten an die nützliche Wirkung, die mit den Dampfmaschinen hervorgebracht wird, mit Hilfe der Tafeln Seite 305 und 307. Sie geben bloß ein Maximum an, das aber leider um Vieles die wirklichen Ergebnisse übersteigt.

Nach vorstehender Tafel, wenn man das verwendete Brennmaterial berechnen will, und die nützliche Wirkung, welche eine Dampfmaschine hervorbringt, die unter dem

Druck von 1¼ Atmosphäre wirkt, indem diese Maschine die Kraft von zehn Pferden, nach Watts System hat, und in vier und zwanzig Stunden eine Kraft von 73 Dynamen hervorbringt; so wird man finden, daß die Menge des in vier und zwanzig Stunden verbrauchten Brennmaterials 1.100 Kilogramme beträgt.

Jeder Kilogramm Kohlen kann 7.050 Therme geben, welche, dividirt durch 650, die nöthig sind zur Hervorbringung von einem Kilogramm Dampf, $10^{\text{Kilogr.}},94$ Dampf geben, und diese multiplizirt mit 1.100, geben 12.034 Kilogramme Dampf.

Die Hervorbringung von 1.000 Kilogrammen Dampf, unter 1¼ Atmosphäre, gestattet über eine Kraft zu verfügen, die durch 17,89 Dyname vorgestellt wird. Also muß man diese Zahl mit 12.034 multipliziren, was als Produkt 215,29 Dyname giebt, indeß die wirklich hervorgebrachte Macht nur 73 Dyname ist. Also gehn zwei Drittel der Kraft, wie die Theorie sie anzeigt, in der Bewegung der Maschine verloren. Zum Beispiel, statt 12.034 Kilogramme hervorgebrachten Dampfes, bringt Watts Verbindung von Oefen und Kessel höchstens nur 5.800 hervor, das heißt etwas weniger als die Hälfte der durch das Verbrennen der Kohlen entwickelten Hitze. Die andern Kraftverluste geschehn im Cylinder, durch die Verdichtung mittelst kalten Wassers, durch das Ausströmen des Dampfes neben dem Stämpel, durch die thätigen Pumpen, die man zum Ausschöpfen des warmen Wassers gebraucht, und der aus dem Abkühlungsgefäß kommenden Luft, durch die Reibung u. s. w.

Man muß also vorstehende Tafeln betrachten als an sich gute Anzeiger, um uns zu belehren über die Hervorbringung der Hitze und über die absolute Gewalt, die sie im Stande ist auszuüben, und als Angeberinnen von Vergleichungspunkten, die fähig sind anzuzeigen, bis auf welchen Grad man

sich in der Praxis den durch Theorie berechneten Wirkungen nähern könne.

Betrachtet man in ihrer Gesammtheit die verschiedenen Arten, die Kraft des Dampfes zu gebrauchen, so wird man zuerst sehn, daß man sie anwenden kann mit niedrigem Druck, durch die bloße Macht, die aus der Hervorbringung des Dampfes auf 100 Graden entsteht, ohne Losschlag oder Verdichtung. Läßt man hernach den Losschlag seine Wirkung hervorbringen, so setzt man eine neue Kraft zu der ersten, wie es Watt bemerkt hat, und nach den von ihm angezeigten Proportionen.

Wenn man den Dampf bei einem höhern Druck hervorbringt, als der der einfachen Atmosphäre ist, so kann man bloß die Kraft des Dampfes ohne Verdichtung benützen, indem man jedesmal den hervorgebrachten Dampf verloren gehen läßt. Dann kann man auch diesen Dampf erst ausströmen lassen, nachdem man ihn bis auf den einfachen Druck einer Atmosphäre sich herabzuspannen gezwungen hat. Man kann diese Wirkung noch verstärken, indem man den hervorgebrachten Dampf verdichtet. Endlich kann man die nützliche Wirkung noch weiter bringen, indem man den Losschlag bis unter den atmosphärischen Druck treibt. Diese verschiedenen Verbindungen, deren jede das Gesammtergebniß mit ihrer besondern Wirkung vermehrt, geben Anlaß zu manchfaltigen Zusammensetzungen der Maschinen. Wir werden in der 13ten Vorlesung zeigen, wie man nach Watts System arbeitet mit niederm Druck, und selbst mit einem solchen, der bis auf anderthalb Atmosphären gehn kann, indem man zugleich das Losschlagen und die Verdichtung benützt. In der 14ten Vorlesung werden wir von den Verbindungen sprechen, die Statt finden für das was man mittlere Drückungen nennt, und die bis auf vier und fünf Atmosphären gehn; und für die Maschinen mit hohem Druck, die mit einer größern Anzahl von Atmosphären wirken.

Hr. Christian hat über die Hervorbringung des Dampfes Versuche gemacht, die wir kurz anführen wollen. Er bediente sich eines sehr dicken gegossenen Kessels, der genau verschlossen war mit einem Deckel von demselben Stoff, welcher mit den Rändern auf denen des Kessels aufgeschliffen und durch mehrere Bolzen sehr fest gemacht war. Man nahm alle Vorsichtsmaßregeln, damit das Schließen des Deckels recht vollkommen würde. Ein hundertgradiges Thermometer reichte ins Innere des Kessels vermittelst einer Stopfbüchse, die sorgfältig auf dem Deckel angefügt war. Ein kurzes, mit dem Deckel zugleich gegossenes Rohr ragte mitten über dem Deckel hervor; es trug ein Band (bride), auf welchem man nach einander Kupferplatten befestigte, welche Mündungen von verschiedenen Gestalten und Ausdehnungen darstellten. Ein kleiner massiver Cylinder von Kupfer, der am Ende eines sehr feinen kupfernen Drahtes hieng, und an einem Gleichgewichtshebel befestigt war, diente als Schwimmer und zeigte die Höhe des Wassers im Kessel; dies machte es möglich, die Menge des verdampften Wassers zu messen. Ein kleiner Hals (manchon) von Metallgewebe nahm den Schwimmer im Innern des Kessels auf, und erhielt ihn in Ruhe, ungeachtet der Aufwallungen des Siedens. Ein andres Rohr, das nahe am Boden des Kessels mündete, gieng durch den Deckel, auf welchem es wohl eingefügt war durch ein Eisenband, das angeschraubt und mit einem Besatz versehen war; dies Rohr stand in Verbindung mit dem Stock einer Druckpumpe, die bestimmt war, dem Kessel Wasser zu liefern. Innere Gesammtfläche des Kessels 3.640 Quadrat-Centimeter. Die 10 Liter Wasser, die gewöhnlich die Füllung des Kessels ausmachten, waren in Berührung mit einem innern Flächentheile dieses Kessels gleich $1.893^{\text{Quadr. Cent.}},82$. Der Herd war so groß, als es der Kessel durch seine Ausmessungen verstatten konnte, und so eingerichtet, daß die Flamme um den Kessel herumschlug, ehe sie in den Schorn-

stein gieng. Der Zug des Ofens war vollkommen gut; man konnte ihn nach Willkühr und sehr leicht mäßigen. Ohne Wasser hätte der Boden des Kessels sehr stark glühen können mit dem Feuer, das man während der Versuche zu machen im Stande war. Wenn das Feuer so stark als möglich geschürt wurde, so war das Rohr von Eisenblech, das den untern Theil des Schornsteins bildete, beständig glühend bis auf eine Höhe von 4 Decimetern.

Erste Reihe von Versuchen, um die Hervorbringung des Dampfes und sein Ausströmen durch verschiedene Mündungen zu bestimmen, mit dem stärksten Feuer, das man im Ofen unterhalten konnte, und das man auch sorgfältig auf diesem Grad der Stärke unterhielt. Höhe des Barometers: 765 Millimeter. 1) Rechteckige Oeffnung, die 12 Millimeter lang und 3 breit war. Es ergiebt sich aus zwölf Versuchen, daß die Temperatur des Wassers und des Dampfes im Kessel auf 105 $^{9}/_{10}$ Graden geblieben ist. Mit der Hitze, die man anwandte, verdampfte ein Liter oder Kilogramm Wasser in 3 Minuten.

2) Rechteckige Oeffnung, die 6 Millimeter lang und 3 breit war; **Maximum** der Temperatur im Kessel, 115 Grade: ein Liter Wasser verdampfte in 3 Minuten.

3) Rechteckige Oeffnung von 3 Millimetern Länge und 3 Breite; **Maximum** der Temperatur im Kessel, 138 Grade: ein Liter Wasser verdampfte in 3 Minuten.

4) Kreisförmige Oeffnung von 25 Millimetern Durchmesser; **Maximum** der Temperatur, 100 Grade: ein Liter Wasser verdampfte in 3 Minuten.

5) Kreisförmige Oeffnung von 12 $^{1}/_{2}$ Millimeter Durchmesser; Temperatur im Kessel, 101 Grade: ein Liter Wasser verdampfte in 3 Minuten.

6) Kreisförmige Oeffnung von $6^{\text{Mill.}},25$ Durchmesser; **Maximum** der Hitze im Kessel, 112 Grade: ein Liter Wasser verdampfte in 3 Minuten.

7) Da der Deckel des Kessels weggenommen war: Temperatur im Kessel, 100 Grade: 9 Liter Wasser verdampften in 27 ½ Minuten.

Es ergiebt sich aus dieser ersten Reihe von Versuchen, daß die Hervorbringung des Dampfes dieselbe Menge von Brennmaterial erfordert, welches auch der Grad der Spannung seyn mag, zu dem man den Dampf bringt.

Diese Versuche zeigen zugleich, wie man die geringste Oeffnung der Mündungen bestimmt, um Dampf mit einer gegebenen Spannung zu erhalten, oder nur Dampf zu 100 Graden.

Aus diesen Versuchen schloß Hr. Christian, daß die kleinste mögliche Oeffnungsfläche in einem Kessel, um in einem fortgehenden Strome nur Dampf zu 100 Graden hervorzubringen, ungefähr der 1.000ste oder der 1.200ste Theil der Oberfläche des dem Feuer ausgesetzten Wassers seyn müsse.

Verhältniß der Fläche der Mündung zur Oberfläche des dem Feuer ausgesetzten Wassers.	Höhe der Temperatur des Dampfes im Ausströmen aus dieser Mündung.
1.000 bis 1.200	100 Grade
5.260	100,05
10.521	115
21.042	138.

Die eben angeführten Versuche zeigen, daß $^{6}/_{10}$ Quadratmeter Oberfläche des Kessels, dem Feuer ausgesetzt, in jeder Minute einen Kilogramm Dampf hervorbringen; ein sehr einfaches und in der Praxis sehr leicht anwendbares Ergebniß. Man muß jedoch bemerken, daß dies Ergebniß nur erreicht wird bei dem stärksten Feuer, das man möglicherweise unter einem Kessel unterhalten kann; ein Feuer, das man in der gewöhnlichen Praxis nicht macht. Folglich muß man das Ergebniß, das wir anzeigen, als ein Maximum

betrachten. Mit einem gewöhnlichen, regelmäßig unterhaltenen Feuer, das nicht allzustark geschürt wird, erhält man nur zwischen dem Drittel und der Hälfte der eben angezeigten Menge.

Zweite Reihe von Versuchen, welche zur Bestimmung der Zeit des Ausströmens von einem Liter Wasser in Dampf durch verschiedene Mündungen dienten, wobei die mittlere Temperatur des Wassers im Kessel auf 101 hunderttheiligen Graden für alle Mündungen erhalten wurde. Höhe des Barometers, 767 Millimeter: 1) Rechteckige Oeffnung, 12 Millimeter auf 3. Ein Liter Wasser durch diese Oeffnung verdampft in 8 ½ Minuten. 2) Rechteckige Oeffnung von 6 Millimetern auf 3; mittlere Dauer der Verdampfung eines Liters Wasser durch diese Oeffnung, 18 Minuten. 3) Rechteckige Oeffnung von 3 Millimetern auf 3; mittlere Dauer der Verdampfung eines Liters Wasser durch diese Oeffnung, 34 Minuten.

Bei diesen Versuchen mußte man das Feuer mäßigen, um nicht 101 hunderttheilige Grade zu überschreiten; dies erklärt die längere Dauer der Verdampfung des Wassers. Folglich mit einer Mündung, deren Fläche der 526oste Theil der Fläche des Wassers wäre, das einem hinlänglich gemäßigten Feuer ausgesetzt ist, um den Dampf nicht über 101 hunderttheilige Grade zu erhitzen, würden $^{6}/_{10}$ Quadratmeter nur hinreichen zur Verdampfung eines Kilogrammes Wasser in 3 Minuten.

Die eben angeführten Versuche zeigen, daß die Dauer des Ausströmens eines gegebenen Gewichtes von Dampf durch eine Mündung ungefähr im umgekehrten Verhältniß der Fläche der Mündungen ist; dies beweist, daß die Geschwindigkeit, mit welcher der Dampf aus diesen Mündungen strömt, proportionirt ist zur Fläche der Mündungen; ein merkwürdiges Ergebniß. Es ist wichtig, auch zu bemerken, daß wir von Mündungen sprechen, die klein genug sind, um dem Wasser zu gestatten, sich über 105 Grade zu erhitzen.

Die erste Reihe von Versuchen hat bewiesen, daß über eine gewisse Oeffnung hinaus, im Verhältniß zu der Oberfläche des dem Feuer ausgesetzten Wassers, das Wasser sich nicht mehr über 100 Grade erhitzt; wie wenn der Deckel des Kessels ganz weggenommen wäre.

Dritte Reihe von Versuchen, um die Dauer des Ausströmens eines gegebenen Gewichtes von Dampf zu bestimmen durch eine beständig gleiche Oeffnung von 9 Quadratmillimetern, bei verschiedenen Graden der Temperatur: bei einer Barometerhöhe gleich 762 Millimetern.

Temperatur des Dampfes im Kessel.	Zeit, die der Dampf zum Ausströmen aus der Mündung brauchte.
105 Grade.	13 Minuten.
110	8½
115	6⅙
120	5⅙
125	4½
130	3¾
135	3.

Vierte Reihe von Versuchen, wobei man die Temperatur von 10 zu 10 Graden verstärkt.

100 Grade.	40 Minuten.
110	8¾
120	5½
130	4.

In den obenstehenden Versuchen ist die Fläche der Mündung durch welche der Dampf ausströmt, zu der Oberfläche des dem Feuer ausgesetzten Wassers, wie 1 ist zu 21.142. Dies Verhältniß kann im Großen angewendet werden.

Es ist sehr merkwürdig, daß bei 100 Graden die Dauer des Ausströmens eines Kilogramms Dampf 40 Minuten währt; indeß sie bei 120 Graden nur 5 ½ Minuten dauert.

Man muß bemerken, daß bei dieser letztern Temperatur der Dampf nicht nur einen fast doppelten Druck erleidet, sondern auch, daß er eine ungefähr doppelte Dichtigkeit hat; so daß eine doppelte Menge von Theilchen auf einmal durch die nämliche Oeffnung strömt mit einer viel größern Geschwindigkeit.

Der Stoff der Leitröhren, ihre Länge und ihr Durchmesser haben solchen Einfluß, daß sie mehr oder weniger die Temperatur schwächen, und folglich die Spannung des Dampfes, der durch diese Röhren strömt in einer gegebenen Zeit. Hr. Christian hat über diesen Gegenstand mehrere Versuche gemacht, die wir anzeigen müssen. Er bediente sich bleierner Leitröhren, weil dies Metall kein so guter Leiter ist, als Kupfer oder Eisen.

Erste Reihe von Versuchen, mit einer bleiernen Röhre, die 12 Meter Länge, und 9 Millimeter innern Durchmesser hatte.

Temperatur des Dampfes bei dem Einströmen in die Röhre.	Temperatur bei dem Ausströmen.
100 Grade.	99⅓
101	99½
102	99¾
103	100
110	101⅔
115	103¾
118	105.

Zweite Reihe von Versuchen, wobei man die ganze Länge der Röhre mit Tuchstreifen bedeckte.

100 Grade.	99
101	99⅔
102	99¾
103	99⅘
104	100

110 Grade. 101 2/3
115 . . . . . 103 4/5
118 . . . . . 105.

Dritte Reihe von Verſuchen, mit der vorigen Röhre, bedeckt mit Tuchſtreifen, und auf 8 Meter Länge verkürzt.

100 Grade. 99 1/2
101. . . . . 99 2/5
102. . . . . 99 4/5
103. 100
110. . . . . 102 3/5
115. . . . . 105.

Vierte Reihe von Verſuchen, mit der Röhre von 8 Metern, ohne Tuchſtreifen.

100 Grade. 99 1/3
101. . . . . 99 3/5
102. . . . . 99 3/4
103. 100
110. . . . . 102 1/4
115. . . . . 104 1/2.

Fünfte Reihe von Verſuchen mit der auf 4 Meter verkürzten Röhre ohne Tuchſtreifen.

100 Grade. 99 1/2
101. . . . . 99 2/5
102. . . . . 100 1/4
110. . . . . 104 1/5
111. . . . . 105.

Sechste Reihe von Verſuchen, Röhre von 4 Metern, mit Tuchſtreifen bedeckt.

100 Grade. 99 3/5
101. . . . . 99 5/6
102. . . . . 100 1/4
110. . . . . 104 1/3
111. . . . . 105.

Siebente Reihe von Versuchen, mit der 4 Meter langen Röhre ohne Tuchstreifen. Man benetzte sie mit kaltem Wasser zu 105 Graden, auf ungefähr der Hälfte der Länge und mehrmals wiederholt.

100 Grade.	kein Dampf.
101	99½
102	99½
103	99½
104	99¾
105	100
110	103
111	103½.

Nach diesen Versuchen sieht man, daß es scheint, die Natur des Stoffes, woraus die Leitröhren gemacht sind, habe keinen sehr merklichen Einfluß auf den Verlust der Hitze, den eine Strömung von Dampf erleiden kann innerhalb der Grenzen der Länge, die eben bemerkt worden sind. Man sieht auch, daß die Länge der Leitröhre auf den Verlust an Hitze sehr merklichen Einfluß hat; weil, wenn man annimmt, daß diese Länge nacheinander gleich wäre 12 Metern, 8 und 4 Metern, der Dampf bei dem Einströmen in die Röhre 118, 115 und 111 Grade Temperatur haben müßte, wenn bei dem Ausströmen aus diesen verschiedenen Röhren der Wärmegrad des Dampfes nur auf 105 Grade herabgebracht seyn sollte.

Ist der Durchmesser der Leitung sehr klein in Beziehung auf die Menge Dampfes, der sie in einer bestimmten Zeit den Durchgang verstattet, so ist der Verlust an Hitze beträchtlich, wie man es sieht, wenn man die Versuche vergleicht, welche mit der Röhre von 9 Millimetern Durchmesser gemacht wurden, und andre, die man mit Röhren von 20,23 Millimetern anstellte. In der That, mit dieser letztern Röhre, wenn man die Temperatur auf 106 Grade im Kessel erhöht, sinkt sie nur bis auf 105 Grade bei dem Ausströmen aus der Röhre von 4 Metern Länge.

Diese Versuche, die uns der Anführung sehr werth schienen, können zu Untersuchungen von der nämlichen Art hinleiten, die viel zu der vernünftigen Bestimmung der Ausdehnungen beitragen werden, welche die verschiedenen Theile der Dampfmaschinen haben sollen.

Um einen Dynam von Kraft mit Dampfmaschinen nach Watts System hervorzubringen, braucht man, 1) 85 Kilogramme Dampf, und folglich muß man eben so viel Wasser in den Kessel füllen; 2) 18 Kilogramme Kohlen. Sechsmal so viel Wasser und sechsmal so viel Kohlen werden geben was man eine Pferdekraft nennt für vier und zwanzig Stunden. Diese sehr einfachen Angaben können zur Berechnung der Ausdehnungen dienen, welche die vorzüglichsten Theile der Maschinen haben müssen, die wir in der folgenden Vorlesung beschreiben wollen.

In jener Vorlesung werden wir von den Oefen sprechen, wie sie Watt gebraucht. Es giebt andre, so eingerichtete Oefen, daß sie den Rauch in den Herd leiten, um ihn zu verbrennen. Dies sind die rauchverzehrenden Herde oder Oefen. Sie können nur dann große Vortheile gewähren, wenn man eine ziemlich große Menge von Brennmaterial auf einmal zu verbrennen hat. Sie erreichen zuerst den Zweck, daß sie einen Theil des, nach der gewöhnlichen Art unter der Gestalt des Rauches verloren gehenden Brennmaterials ersparen. Ueberdies vermindern sie die wichtige Unbequemlichkeit jener ungeheuern Rauchmassen, die aus den Schornsteinen der Dampfmaschinen strömen, die Luft schwer machen, und die Dinge beschmutzen, auf welchen sie Theilchen von Ruß und Kohlen absetzen.

Eine solche Unbequemlichkeit wird unerträglich in Städten wie Birmingham und London, wo man Steinkohlen verbraucht in einer unermeßlichen Anzahl von Herden in Häusern, und von Oefen in Gewerbanstalten.

Dreizehnte Vorlesung.

Dampfmaschinen nach Watts System.

Der Marquis von Worcester stellte zuerst, im Jahr 1663, die Beschreibung eines Mechanismus auf, der demjenigen der Dampfmaschinen ähnlich ist, mit dem Vorschlage, die Kraft von Wasser, das in Dampf aufgelöst ist, zu gebrauchen um Wasser mehr als 12 Meter hoch zu erheben. Eine Person mußte abwechselnd zwei Hähne drehen, damit, wenn das in einem ersten Gefäß in Dampf verwandelte Wasser erschöpft war, ein zweites, mit kaltem Wasser gefülltes Gefäß nachher arbeiten könnte, und so ferner.

Einige Zeit nachher erfand Papin seinen Topf oder Digestor, ein festverschlossenes Gefäß, worin das Wasser so sehr erhitzt wird, daß es Knochen und andre feste thierische Theile auflöst. Er bemühte sich, die sehr große elastische Kraft des Dampfes als bewegende Kraft zu benutzen; aber seine Versuche hatten keinen Erfolg.

Dem Capitän Savery, der glücklicher war als Papin, gelang es ziemlich gut, mittelmäßige Mengen Wasser auf kleine Höhen zu heben; aber das Ausschöpfen sehr tiefer Gruben wollte ihm nicht gelingen. Mehrere Maschinen wurden nach dem Grundsatze verfertigt, den er vorschlug, um Wasser zu einer Höhe zu heben, die nicht über 10 Meter beträgt. Man baute eine beträchtliche in einem von den Salzwerken im südlichen Frankreich, wo man das Wasser nur auf $5^{\text{Met.}},50$ Höhe zu heben hatte. Der vorzüglichste

Nachtheil von Savery's Maschine war die Gefahr des Zerspringens, der große Aufwand an Dampf und folglich an Brennmaterial. Versuche haben gezeigt, daß wenigstens $^{11}/_{12}$ von allem hervorgebrachten Dampf ohne Nutzen verdichtet waren, und nur $^{1}/_{12}$ nützlich angewendet wurde. Man hat sich viele Mühe gegeben, um den Dampfverlust zu vermindern in der Vorrichtung, von welcher wir sprechen, die den großen Nachtheil hat, den Dampf in Berührung zu bringen mit dem Wasser, das er heben soll.

Unter den Ingenieuren der Bergwerke von Cornwallis, die sich viel mit den Mitteln beschäftigen, die Dampfmaschinen zum Ausschöpfen dieser Gruben zu verwenden, war Newcomen, ein Eisenhändler oder Schmied, der, welcher die Aufgabe löste. Folgendes giebt einen Begriff von dem Mechanismus, den er erfand.

Der Dampf bildet sich in einem großen Kessel, und steigt durch eine lothrechte Röhre in einen Cylinder, der einen Stämpel (Kolben) enthält. Der untere Theil der Röhre ist genau verschlossen durch eine Metallplatte, die sich um eine lothrechte Achse dreht, und welche vermittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt wird. Der Stämpel trägt eine lothrechte Stange, an deren Ende sich eine Kette befindet, die sich um einen Kreisbogen legt, welcher selbst an einem Hebel festgemacht ist. Der andere Arm des Hebels trägt einen ähnlichen Kreisbogen und eine Kette, die am Stämpel einer Pumpe befestigt ist, welche Wasser heben soll. Etwas höher als der Cylinder befindet sich eine Cisterne (ein Behälter), die durch eine gekrümmte Röhre mit dem untern Theil des Cylinders in Verbindung steht. Nun ist es leicht, das Spiel der Maschine zu begreifen. Will man den Stämpel des Cylinders heben, so schließt man den Hahn, der den Eintritt des Wassers in den Cylinder abhalten kann, und man öffnet jenen, der dem Dampfe den Durchgang verstattet; dieser

dehnt sich sogleich im Cylinder aus, und hebt den Stämpel. Kömmt dieser an das Ende seines Laufes (Hubes), so schließt man den Dampfhahn und öffnet den andern; sogleich spritzt das Wasser aus dem Behälter in den Cylinder, und da es kälter ist als der Dampf, so dient es zu dessen Verdichtung. Da dieser Dampf einen viel kleinern Umfang annimmt, so wird der Druck des Luftkreises, der auf den Stämpel wirkt, vorherrschend, und drückt zugleich mit diesem Stämpel den an ihm befestigten Hebelarm nieder; indeß durch die nämliche Bewegung der andere Arm sich hebt und folglich den Stämpel der Pumpe steigen macht, die zum Wasserausschöpfen dient.

Nach vorstehender Darstellung sieht man, daß Savery's System war, seine Pumpe in Thätigkeit zu setzen durch den abwechselnden Druck des Dampfes und des Luftkreises; indeß Newcomens Maschine das Wasser völlig durch den Druck des Luftkreises hebt: der Dampf wird nur als ein schnelleres Mittel gebraucht, einen leeren Raum hervorzubringen, vermittelst dessen der atmosphärische Druck auf den Hebel wirken kann, der die bewegende Kraft fortpflanzen soll. Mit Newcomens Maschine hat man nicht mehr nöthig, den Dampf so gar sehr verdichtet zu gebrauchen; man kann bei ziemlich gemäßigten Hitzegraden arbeiten, folglich (in Vergleichung mit Savery's Maschinen) eine große Menge von Brennmaterial sparen, und darf kein gefährliches Zerspringen fürchten. Man sieht auch, daß die Grenze der Macht von Newcomens Maschine nicht mehr auf der Stärke der Kessel und der Cylinder beruht, um dem Druck des Dampfes zu widerstehn, sondern auf den Ausdehnungen, die es möglich und vortheilhaft ist, ihnen zu geben, so wie allen andern Theilen der Maschine. Endlich kann Newcomen's System leicht angewendet werden um die bewegende Kraft jeder Art von Maschinen mitzutheilen vermittelst des Hebels, den man gebraucht.

Im Jahr 1705 fieng man an, dieses System in Ausübung zu bringen, und schon 1712 war ein großer Theil der Schwierigkeiten in der Ausführung vollkommen beseitigt. Man kam auf den Gedanken, den Gebrauch der Menschen zum abwechselnden Oeffnen und Schließen der Hähne überflüssig zu machen, und man ließ diese Arbeit durch die Bewegung des großen Wagbaums (Balancier's) selbst verrichten. Seit 1717 hat die Maschine keine bemerkenswerthe Vervollkommnung mehr erhalten. Wir müssen einen Begriff geben von der nützlichen Wirkung, die Newcomens Maschine hervorbringen kann.

Man hat die Hitze des Wassers gemessen, das man zur Verdichtung des Dampfes in dieser Maschine braucht, im Augenblicke, wo dieses Wasser aus dem Cylinder kommt, nachdem es die Verdichtung bewirkt hat. Man hat gefunden, daß die Temperatur dieses Wassers von 60 bis zu 80 hunderttheiligen Graden abwechselt, eine beträchtliche Erhöhung der Wärme, die zeigen kann, daß der Dampf im Cylinder selbst dann, wenn er dem Drucke des Luftkreises nachgiebt, noch einen ziemlich starken Widerstand behalten muß. Newcomens Maschine hat einen andern wichtigen Nachtheil, daß sie nämlich durch das Einspritzen des Wassers den Stämpel und den Cylinder erkältet. Wirklich trägt der so erkältete Cylinder und Stämpel hernach zur Erkältung des Dampfes bei, wenn die neue Einströmung geschieht; und dies macht die nützliche Wirkung langsamer und minder gewaltig.

Die Mechaniker haben erkannt, daß bei der abwechselnden Bewegung des Stämpels, der zum Ausschöpfen des Wassers dient, der Hub dieses Stämpels schneller seyn muß, als sein Hinabsinken. Bei dem Hinabsinken vermindert man den Widerstand, und bei dem Hube den Wasserverlust.

Newcomens Maschine blieb einzig zur Hebung des Wassers gebraucht, bis auf die jetzige Zeit. Doch gab im Jahr 1758 Hr. Keane Fitz-Gerald in den Philosophical transactions, ein Verfahren an, um die abwechselnde Bewegung von Newcomens Maschine in eine fortgehende umdrehende Bewegung zu verwandeln durch eine Verbindung von gezahnten Rädern und Getrieben, wobei das erste gezahnte Rad an dem großen Hebel festgemacht war. Aber Watt ist der erste, der eine Umwandlung dieser Art ausführte, und er that es auf eine viel vortheilhaftere Art. Der vorzüglichste Nachtheil von Newcomens Maschine besteht in dem (immer noch) beträchtlichen Verbrauche von Brennmaterial. Eine solche Maschine, deren Cylinder 1,21 Meter Durchmesser hätte, und die man Tag und Nacht in Gang erhielte, würde ungefähr 4.651.200 Kilogramme guter Kohlen in einem Jahre verbrauchen. Wenn man Wasser aus Steinkohlengruben schöpfen will, da man dort Gelegenheit hat, als Brennmaterial Stücke von Steinkohlen zu gebrauchen, die man nicht wohl mehr verkaufen könnte, dann leisten diese Maschinen nützliche Dienste. Man kann sie auch für andere Bergwerke gebrauchen, und zur Lieferung der Wasser für große und reiche Städte, so wie zu einigen andern Zwecken; mit einem Worte, sobald man einen großen Aufwand an Brennmaterial machen darf zur Erreichung einer bestimmten Absicht. Aber in den meisten Fällen verhindert dieser große Verbrauch von Brennmaterial die Anwendung solcher Maschinen.

Als Doktor Black die unermeßliche Menge verborgener Hitze entdeckt hatte, die das Wasser einschluckt um sich in Dampf zu verwandeln, konnte man diese Entdeckung benützen, um Newcomens Maschine einen neuen Grad von Vollkommenheit zu geben, oder vielmehr um daraus eine ganz neue Maschine zu machen. Dies ist der unschätzbare Dienst, den James Watt den Wissenschaften und dem Gewerb-

fleiße geleistet hat. Black erkannte, daß die Menge Dampfes, die durch eine stärkere Hitze, als die Siedhitze ist, hervorgebracht wird, immer im Verhältniß ist zu der unmittelbar dem Feuer ausgesetzten Oberfläche des Gefäßes; man mag nun den Damvf, so wie er sich entwickelt, sich zerstreuen, oder die Hitze im Wasser sich anhäufen lassen, und dann das Gefäß öffnen, um dem Dampf einen Ausfluß zu verschaffen.

Aus diesen Thatsachen folgt, daß es nicht möglich ist, an der Größe von Hitze zu sparen, die zur Verwandlung des Wassers in Dampf nöthig ist; aber daß man die Hitze so ersparen kann, daß man einen großen Verlust derselben verhindert. Dies that James Watt. Er bemerkte zuerst die fast unmittelbare Erhitzung des Cylinders von Newcomens Maschine, und die Erkältung, die man diesen Cylinder muß erleiden machen; was einen Verlust an Hitze ohne wirklichen Vortheil verursacht. Diese Bemerkung führte ihn darauf, die Verdichtung des Dampfes außerhalb des Cylinders zu bewirken; dies ist die große, wesentliche Vervollkommnung, die man Watt verdankt.

Wir haben in der Tafel VIII die wagerechte und lothrechte Entwerfung eines Dampfkessels nach Watts System gegeben. Die Fig. 1 stellt der Länge nach den Aufriß des Kessels auswendig gesehen dar. Fig. 2 stellt den Aufriß dieses Kessels in einer Richtung dar, die auf der von Fig. 1 senkrecht ist, und von der Seite des Herdes gesehn. Fig. 3 stellt die wagerechte Entwerfung des Herdes und der Aufstellung des Kessels vor. Wir wolleu einige Einzelnheiten der Ausführung bemerken.

Der Herd F besteht aus einer Reihe von gleichlaufenden Stangen, die gegen der Mitte zu dicker sind als an ihren Enden, und hinreichende Lücken zwischen sich lassen zum

Durchzug der Luft. Der Raum D, der leer bleibt, ist der Aschentrog, den der Rost G bedeckt. C Kessel, der verfertigt werden kann aus Eisen- oder Kupferplatten, die, wie man in der Figur sieht, durch Nietnägel zusammengehalten sind. Dieser Kessel hat die Gestalt eines Cylinders, dessen Kanten wagerecht und dessen Grundflächen lothrecht sind. Der Umriß einer der Grundflächen, wie man es Fig. 2 sieht, ist rund erhaben und oben halbkreisförmig; auf beiden Seiten, wie unten, ist er einwärts gehend. Man wird im obern Theil dieses Kessels eine Oeffnung T bemerken, die man das Loch für den Mann nennt; sie dient zum Eingang in den Kessel für den Arbeiter, den man mit der Reinigung oder Ausbesserung beauftragt. Da diese Oeffnung den kleinsten möglichen Raum einnehmen soll, so bleibt ihre Größe dieselbe, wie beträchtlich auch die Weite des Kessels seyn mag.

In den Fig. 1 und 2 stellt *t* die Röhre vor, die zur Leitung des Dampfes in den Cylinder der Maschine dient. Das Sicherheitsventil ist in S vorgestellt. Man kann ein solches Ventil gezeichnet sehn Taf. XII, Fig. *e*, *f*. Endlich stellt A, Fig. 1 und 2, die Speisungsröhre vor, durch welche dem Kessel das Wasser zugeführt wird. Die Fig. 4 zeigt einen ins Einzelne gehenden Durchschnitt dieser Röhre. Wir werden bald den Mechanismus beschreiben, den man an dieselbe fügt.

Es ist leicht, bei der Betrachtung der Fig. 1 und 2 den Gang zu bemerken, dem die Hitze folgt, wenn sie vom Herde F aus sich entwickelt. Ein Theil strömt unter dem Kessel hin und kommt nach dem Ende E; sie kann zugleich von da längs den Seiten E′, E′, Fig. 2, hinströmen, und nach E″, Fig. 1, kommen. So wird der Kessel nicht nur an seinem untern Theil erwärmt, sondern auf der ganzen Ausdehnung seiner vier lothrechten Seiten. Nach diesem Um-

herſtrömen kommen Flamme und Rauch in die Leitung I, Fig. 3, dann in den Schornſtein, deſſen wagerechte Entwerfung vorgeſtellt wird durch K, Fig. 3.

Beſchreiben wir nun die Speiſungsvorrichtung, Fig. 4. C ſtellt einen Durchſchnitt vor, der lothrecht in der Länge des Keſſels gemacht iſt. A ſtellt, wie ſchon geſagt, die Speiſungsröhre vor; ſie taucht mit dem untern Ende in das Waſſer des Keſſels ein; am obern trägt ſie einen Behälter R, der mit der Röhre in Verbindung ſteht durch eine Oeffnung, die ein Zapfen verſchließt. Dieſer Zapfen trägt ein Stängchen *t*, das an dem Hebel LL′ befeſtigt iſt, an welchem durch den Stiel *t′* ein Schwimmer F hängt, der auf dem Waſſer des Keſſels ſchwimmt. Dieſer Schwimmer ſteigt und ſinkt mit der Höhe des im Keſſel befindlichen Waſſers. Steigt das Waſſer, ſo drückt es auch den Arm L′ des Hebels LL′ aufwärts, und den Arm L nieder; der Stiel *t* ſinkt, und verſchließt zuletzt mit dem an demſelben befeſtigten Zapfen die Oeffnung der Speiſungsröhre. Sinkt hingegen das im Keſſel enthaltene Waſſer, ſo ſinkt der Schwimmer immer mehr, der Arm L′ des Hebels folgt nach; der Arm L hebt ſich und zugleich den Stiel *t* mit dem kleinen Zapfen: dies geſtattet dem Speiſungswaſſer, aus dem Behälter in den Keſſel zu fließen. Durch dies Mittel verhindert man, daß der Keſſel nie weder zuviel noch zu wenig Waſſer habe für den Dienſt der Dampfmaſchine.

Ein anderer Schwimmer *f*, der in der Speiſungsröhre A ſich befindet, hängt an einer Kette SSS. Dieſe Kette geht durch den Behälter, nämlich in einer metallenen, lothrechten Leitung, und legt ſich um zwei Rollen P, P′, um ſich nach dem Zugloche des Ofens zu wenden. Wird der Dampf zu ſehr verdichtet, da alsdann das Waſſer in der Röhre A durch eine beträchtliche Kraft getrieben wird, ſo ſteigt dann der Schwimmer *f* mit dem Waſſer, und das Zugloch

des Ofens schließt sich im Verhältniß zur Höhe des Schwimmers. Man vermindert auf diese Art die Schnelligkeit des Verbrennens, und folglich die Spannung des Dampfes im Kessel.

Fig. 5 stellt einen Schwimmer F vor; der Hebel LL' trägt einen Zeiger I, der auf einem mit Graden bezeichneten Bogen HB laufen kann; diese Gradebezeichnung dient zum Anzeigen der genauen Höhe des Wassers im Kessel.

Nachdem wir die Art beschrieben haben, wie der Dampf hervorgebracht wird, wollen wir das Spiel von Watts Maschine in der leichtesten Zusammensetzung erklären, der, welche man einfachwirkend nennt. Wir werden in der Folge die sogenannte Maschine mit doppelter Wirkung erklären.

Watts Maschine mit einfacher Wirkung, wie die von Newcomen ist, unterscheidet sich von derselben darin, daß der Dampf beständig wirkt, sowohl zum Heben, als zum Senken des Stämpels; statt daß in Newcomens Maschine der Dampf nur zum Heben des Stämpels wirkt.

Folgendes ist der allgemeine Stand der Maschine, Fig. 2, Taf. IX.

Y, Ausschöpfungspumpe, welche die nützliche Wirkung der Maschine vorstellt, und sich bewegt durch die Wirkung des Wagbaums PCQ. BB' Cylinder. X, Stämpel, dessen Steigen und Sinken den Wagbaum PCQ auf- und abgehn macht.

A, Kessel, der den Dampf bald über, bald unter den Stämpel X leiten soll, durch die Röhre *b*, und durch zwei Ventile T und T' hindurch.

Der Cylinder BB' ist oben und unten durch eiserne Platten geschlossen, die fest an den Umfang des Cylinders angeschraubt sind.

Nun denken wir uns, der Stämpel X befinde sich auf dem höchsten Punkte seines Hubes.

Dann schließt sich das Ventil T', das Ventil T öffnet sich, und der Dampf geht aus dem Kessel, in den obern Theil B des Cylinders; der Stämpel sinkt durch sein Gewicht und den Rückstoß dieses Dampfes.

Kommt der Stämpel zum untersten Punkte seines Hubes, so schließt sich das obere Ventil T, und das untere T' öffnet sich.

Dann findet der im Raum B angehäufte Dampf einen freien Ausgang durch das Ventil S, durch die Röhre Vv, und durch V' in den untern Theil B' des Cylinders.

Er geht wirklich in diesen untern Theil, so wie das Gewicht des ganzen, am Arm CQ des Wagbaumes hängenden, Pumpenwerkes vorherrschend wird, und den andern Arm CP hebt, der den Stämpel X steigen macht.

Hier drückt der Dampf, vermöge seiner Elastizität, gleichmäßig oben und unten auf den Stämpel; folglich hat der Dampf gar keinen Einfluß auf das Auf- und Abschwanken des Hebels PCQ.

Ist der Stämpel X oben im Cylinder angekommen, so schließt sich das untere Ventil T' wieder, und das obere T öffnet sich wieder; dann geht neuer Dampf in den obern Raum B, um von neuem den Stämpel sinken zu machen, wie wir es so eben erklärt haben.

Damit der Stämpel sinken könne, muß man den im untern Raum B' angehäuften Dampf wegschaffen. Dies geschieht durch die Vorrichtung des Erkälters oder Verdichters (Condensators), die einzige, die wir noch zu beschreiben haben.

Diese Vorrichtung stellt eine Röhre vor, *uz*KL, die sich fortsetzt durch den untern Theil der Röhre V, und zwei Bie-

gungen K und L bildet, in deren jeder eine gewöhnliche Wasserpumpe ist. Diese beiden Pumpen werden in Bewegung gesetzt durch den Wagbaum PCQ.

In die Röhre V*v* geht der Arm eines Hebers *i*, dessen andrer Arm *j* sich in das abkühlende Wasser taucht, welches im Becken E enthalten ist.

Ein Ventil *j* macht es möglich, das abkühlende Wasser in den Heber eindringen zu lassen, oder davon abzuhalten.

Dies nun angenommen: sobald das Ventil T' sich schließt, öffnet sich das Ventil *j*; das abkühlende Wasser steigt durch den Arm *i* des Hebers, und spritzt gegen den Dampf, der in den Räumen B', V' und V enthalten ist. Dieses Wasser verdichtet den Dampf, und fällt wie ein Regen auf den Boden *u* zurück; es öffnet ein Ventil *m* und geht in den Theil *z*; zugleich geht unverdichteter Dampf und atmosphärische Luft mit, die sich aus dem abkühlenden Wasser entwickelt hat.

Dieser Durchgang wird erleichtert durch die Saugpumpe K, deren Stämpel sich hebt, wenn der Stämpel X sinkt durch die Bewegung des Wagbaums PCQ. Die atmosphärische Luft strömt aus durch die Wirkung dieser Pumpe, und der Pumpe Z.

Durch dies Mittel gehen der verdichtete Dampf, das abkühlende Wasser, die Luft, die sich aus diesem Wasser entwickelt hat, und der nicht verdichtete Dampf in einer Temperatur von ungefähr 40° nach *z* und können nicht mehr zurückströmen. In der That, sobald der Stämpel X, im niedrigsten Punkte seines Laufes angekommen, anfängt wieder zu steigen, wird der Dampf, der, leichter als die Luft, oben schwebt, zurückwirken durch seine Spannkraft, um die Luft wegzutreiben, die ihn vom abkühlenden Wasser trennt; er

drückt auf dieses Wasser, das in Berührung ist mit dem Ventil *m*, und macht, daß dieses Ventil sich schließt. Unterdeß sinkt der Stämpel K, wie der Stämpel X wieder steigt; dann muß das Wasser und die Luft, die in *u*, *z*, enthalten sind, über den Stämpel K hinaufströmen, um dann nach L hinaufgehoben zu werden, wenn der Stämpel K wieder steigt.

Die zweite Saug- und Druckpumpe Z treibt alsdann das nach L gekommene Wasser in das Ausflußrohr G, um wieder in den Kessel A abzufließen. Da die Luft, vermöge ihrer spezifischen Leichtigkeit, sich schneller erhebt als das Wasser, so strömt sie aus durch die Röhre *t*, ehe das Wasser aus dem Kühlgefäß in den Kessel hinabfließt.

Besondere Mittel werden gebraucht, um nach Willkühr die Oeffnung des Ventils *j* zu verkleinern, und dadurch die Verdichtung des Dampfes zu mäßigen.

Alle so eben beschriebenen Bewegungen sind so wohl zusammengesetzt, daß sie durch das bloße Spiel des Wagbaums und der Stämpel vor sich gehen: die verständige Thätigkeit des Menschen braucht nur Eine Sorgfalt zu haben, und Ein Geschäft zu verrichten, nämlich das Feuer unter dem Kessel zu unterhalten.

Ehe wir die einzelnen Stücke der Dampfmaschine mit doppelter Wirkung, Fig. 1, Taf. IX, kennen lehren, wollen wir summarisch anzeigen, wie die allgemeine Bewegung aufgenommen und fortgepflanzt wird. Beim Austreten aus dem Kessel wird der Dampf zwischen zwei Cylinder CC, C′C′ geleitet, welche dieselbe Achse haben, und folglich so sind, daß C′C′ als Hülle für CC dient. Durch den Mechanismus eines Schiebers (tiroir) T, der auf- und absteigen kann, und durch die Oeffnungen *u*, *v*, geht der Dampf abwechselnd über und unter den Stämpel P′, den er bald

zu steigen, bald zu sinken zwingt: dieser Stämpel ist unveränderlich befestigt an einer lothrechten Stange *t*, welche ihre Bewegung, vermittelst eines Parallelogramms (Kunstgestänges LMNO, einem Hebel LL′ mittheilt, der sich in einer lothrechten Ebene um eine wagerechte Achse X bewegt. Dieser Hebel steigt und sinkt mit dem Stämpel P′. Sein Arm L′ macht abwechselnd eine unbiegsame Verbindungsstange (bièle) F steigen und sinken, welche die Kurbel G um eine wagerechte Achse Y dreht. Die nämliche Achse Y trägt ein Schwungrad VV, das dazu dient, die Bewegung mit Regelmäßigkeit fortzupflanzen. Endlich theilt die Achse Y die Wirkung der Dampfmaschine dem mit, was man liegenden Wellbaum (arbre de couche) nennt.

Die eben beschriebene Zusammensetzung verwandelt folglich eine geradlinige, auf- und niederwärtsgehende Bewegung, wie die des Stämpels P′ in eine kreisförmige und fortdauernde Bewegung, wie die des Schwungrades VV und des durch die Achse Y bewegten liegenden Wellbaumes.

Wir wollen nun erklären, wie der Dampf bald über, bald unter den Stämpel strömt, und wie, während er auf einer Seite des Stämpels sich anhäuft, der vorher auf der entgegengesetzten Seite angehäufte Dampf weggezogen wird vermittelst der Verdichtung.

Die Fig. 1, Taf. IX stellt für die Maschine mit doppelter Wirkung einen Durchschnitt vor, der gleichlaufend mit der Ebene des großen Hebels LL′ und des Schwungrades VV gemacht ist.

Durch die Erklärung der Taf. VIII kennen wir die Art, wie der Dampf hervorgebracht wird; wir haben gesehn, daß er bei dem Ausströmen aus dem Kessel durch die Röhre *t* geht.

Die Fig. 1, Taf. IX stellt zuerst einen geraden, lothrechten Cylinder CC vor, in welchem der Stämpel P′ sich

bewegt; ein äußerer Cylinder C'C', der dieselbe Achse wie CC hat, dient diesem zur Umhüllung: zwischen diese beiden Cylinder tritt der Dampf aus dem Kessel und durch die Röhre *t* der Fig. 1, Taf. VIII.

Man sieht in T, Fig. 1, Taf. IX, was man einen Schieber nennt. Dies ist ein lothrechter und hohler Halbcylinder, der in einer Einfassung von derselben Gestalt sich hin und her bewegt, und von welchem man in einem größern Maßstab, Taf. X, den Plan T, Fig. 2 sieht, und den Aufriß, Fig. *a* und *b*. Zwischen dem Schieber und dem äußern Cylinder oder der Umhüllung C'C' ist ein leerer Raum, durch welchen eine abwechselnde Dampfströmung vor sich geht, die wir erklären wollen.

In der Fig. 1, Taf. IX, und der Fig. *a*, Taf. X, ist der Schieber so hoch geschoben, als möglich. In der Fig. *b*, Taf. X, steht er so tief als möglich. Folgendes ist nun die Bewegung des Dampfes für diese beiden Stellungen.

In der Stellung Fig. 1, Taf. IX, und *a*, Taf. X, wo der Schieber so hoch steht als möglich, geht der Dampf, welchen der Kessel liefert, von S zwischen den Schieber und den Cylinder C' um den obern Theil des Cylinders CC durch die Leitung *u* zu erreichen; er strebt, den Stämpel niederzudrücken. In dieser Stellung des Schiebers ist der untere Theil des Cylinders in Verbindung, durch die Oeffnungen *v* und *v'*, mit der Röhre *v''*, Fig. 1, Taf. IX, die zum Abkühler oder Verdichter führt. Dann verdichtet sich der unter den Stämpel eingeströmte Dampf, und der Stämpel sinkt.

Kommt der Stämpel unten an seinem Laufe an, so sinkt der Schieber wieder, und nimmt die Stellung, die in Fig. *b*, Taf. X, angezeigt ist. Der Dampf, der aus dem Kessel kommt und durch S geht, steigt in *v* unter den Stämpel

hinab, und strebt, ihn hinaufzudrücken. Hingegen der über dem Stämpel angehäufte Dampf steigt durch *u* und die Mitte T des Schiebers hinab bis nach D″, um durch *v′* in den Verdichter zu strömen. Dann steigt der Stämpel wieder.

Die Fig. 1, Taf. X, lehrt uns die Art kennen, wie das Ventil S mehr oder weniger geöffnet wird; eine Wirkung, die wir bald erklären werden.

Nun müssen wir sagen, auf welche Weise man den Schieber T abwechselnd auf und niedertreibt. Man bringt ein Excentricum E, Fig. 1, Taf. X, auf der Achse Y des Schwungrades an; ein metallenes rundes Band, in welchem dieses Excentricum sich bewegen kann, ist an dem Dreieck MNM befestigt. Die Spitze N dieses Dreieckes ist durch Bolzen an einen gebogenen Hebel NPQ festgemacht. P stellt eine feste Achse vor, um welche dieser Hebel sich bewegt, wenn das Excentricum sich mit dem Schwungrad umdreht. Das Excentricum schiebt das Dreieck MNM abwechselnd vor- und rückwärts; dies giebt dem gebogenen Hebel NPQ eine kleine Hin- und Herbewegung, und macht folglich das Ende Q abwechselnd steigen und sinken. Dieses wirkt zum Heben oder Senken der lothrechten Stange FF, welche an dem untern Ende des Schiebers T, Fig. *a*, *b*, befestigt ist. Wenn das Schwungrad einen vollständigen Umlauf macht, so macht der Stämpel einen vollständigen Hub auf- und abwärts; der Schieber macht gleichfalls eine Bewegung auf- und niederwärts; und wenn einmal die Bewegung angefangen ist, so muß sie mit Regelmäßigkeit fortdauern.

Gehen wir über zu dem Theile des Mechanismus, der sich auf die Verdichtung des Dampfes bezieht. Man bemerkt einen wagerechten Hebel *l*, Fig. 1, Taf. IX, dessen Ende abwechselnd eine lothrechte Stange *l′* steigen und sinken macht, um den Durchgang *e* dem Wasser, das sich in den

Verdichter ausgießt, zu öffnen und zu schließen. Diese abwechselnde Bewegung ist, wie die des Schiebers, geregelt durch den gebogenen Hebel NPQ. Die Pumpe *p* dient zum Herausziehen des Wassers, das eben in dem Verdichter gebraucht worden ist. Diese Pumpe wird in Bewegung gesetzt durch den Theil ON des Parallelogramms LMNO; folglich steigen und sinken die beiden Stämpel P' und *p* zu gleicher Zeit.

In der Maschine mit doppelter Wirkung, wie in der mit einfacher, wird das abkühlende Wasser, nachdem es den Dampf eingeschluckt hat, und dann von K nach K' zurückgeflossen ist, gehoben durch eine erste Pumpe *p*, und eine zweite *p'*.

Fig. 1 stellt eine Abänderung vor, die bemerkt zu werden verdient; nämlich eine Leitung *ff'*, in welche die Luft und das abkühlende Wasser strömt, das durch die Pumpe *p* aufgesaugt wird. Die Luft, indem sie die Klappe *f'* aufhebt, strömt frei aus. Das abkühlende Wasser, von dieser Luft gereinigt, fließt in den Behälter *r*, aus welchem es in den Kessel gehoben wird durch die Pumpe *p'p'*.

Eine dritte Pumpe *p"p"* dient zum Auffaugen von frischem Wasser und zum Anfüllen eines Behälters R, der nach *e* das Wasser liefert, das für den Abkühler bestimmt ist.

Die Taf. XI zeigt nach einem größern Maßstab verschiedene einzelne wichtige Stücke von Watts Maschine, die vorgestellt ist Fig. 2, Taf. IX.

Auf beiden Tafeln haben wir bezeichnet mit den nämlichen Buchstaben: *pp* den Stämpel der ersten Pumpe, die das Wasser aus dem Abkühler schöpft, und mit *f* die Ausflußröhre dieses Wassers, mit der Klappe *f'*; die Fig. 5, 6, 7, Taf. XI, geben noch genauere Einzelnheiten an. Man sieht, daß das Wasser des Abkühlers, einmal aufgesaugt unter dem Stämpel *p*, zurückgehalten wird durch die

Klappe E. Der Stämpel *p* ist mit zwei Klappen H, H besetzt, die sich öffnen, wenn der Stämpel steigt; dann werden sie angehalten durch die Sperrungen L, L, die im Großen vorgestellt sind, Fig. 5 und 6. Eine Stopfbüchse M, läßt die Stange des Stämpels *pp* mit Genauigkeit durchgehn.

Die Fig. 1, 2, 3, 4, der Taf. XI, stellen einzelne Stücke vor zur Verfertigung eines metallenen Stämpels. Dieser Stämpel besteht aus einer cylindrischen Grundfläche, die in Einem Gusse gegossen ist und den Kern bildet, wie man ihn vorgestellt sieht in *f f*, im Durchschnitt, Fig. 4. Auf dem hervorspringenden Theile dieser Grundfläche sind kreisförmig zwei Reihen von Kugelabschnitten *ab*, *ab*, angelegt, deren Durchschnitt vorgestellt ist Fig. 4, der Aufriß Fig. 1 und 3, und der Plan Fig. 2. Diese Abschnitte sind so verbunden, daß die Endfugen der einen Reihe senkrecht über der Mitte jedes Abschnittes der andern Reihe stehen. Endlich sind Drahtfedern *c*, *c*, aufgereiht auf wagerechten Döbeln oder Zapfen *dd*, welche in den Kern *f f* eingeschlagen sind. Diese Drahtfedern nun sind durch ihre Elastizität zusammengedrückt; sie treiben die Reihe von Abschnitten nach außen, und zwingen sie so, sich beständig mit vollkommener Genauigkeit an die innere Wand des Cylinders, in dem sich der Stämpel bewegt, anzulegen, ungeachtet der allmäligen Abschleifung des Cylinders sowohl, als des Stämpels. Man sieht, Fig. 4, einen Deckel mit einer Schraubenmutter, welcher vollends der ganzen Verbindung Festigkeit giebt. Dieselbe Fig. 4 zeigt uns die Stange des Stämpels, welche die Gestalt eines unten in *h* verstärkten Kegels hat, wo sie mit dem Kerne des Stämpels in Berührung ist. Ein wagerechter Stift *i* drückt die Stange an den Kern an. Diese Verbindung ist eben so einfach, als fest.

Ueber der Fig. 2 hat man in *c*, *c'*, *d*, *d'*, zwei Entwer-

fungen der Drahtfedern und der Döbel vorgestellt, auf denen sie aufgereiht sind. Diese Drahtfedern sind durch Schrauben im Kern des Stämpels befestigt.

Die Fig. 8 stellt nach einem größern Maßstabe die Bewegung des Regulators oder Bewegungsleiters Z, Z, vor, der Fig. 1, Taf. IX, zu sehen ist. Die Metallkugeln Z, Z, streben, durch die Wirkung der Centrifugalkraft, wie wir dies erklärt haben im zweiten Bande Mechanik, siebente Vorlesung (Seite 184), sich von dem lothrechten Baum BB zu entfernen, wenn die umdrehende Bewegung dieses Baumes größere Schnelligkeit erhält. Indem sich die Kugeln vom Baume entfernen, erheben sie den Hals (kurzes Rohrstück) D, der den Baum BB umgiebt, und der durch einen unten angebrachten Kragen den Arm F' des Hebels FF' in die Höhe hebt. Folglich senkt sich der Arm F dieses Hebels; dies dreht die Kurbel G um, und schließt immer mehr das Ventil S. Dieses Ventil mit einer Rinne öffnet sich hingegen, so wie die Bewegung langsamer wird, und die Kugeln sich wieder ihrer Umdrehungsachse nähern.

Auf der Tafel XI stellen die Fig. 9 und 10 nach einem größern Maßstabe zwei Entwerfungen vor, von der Zusammenfügung des Wagbaums LL', Fig. 1, Taf. IX, mit der Verbindungsstange, welche die Bewegung den Schwungrädern mittheilt. A, Kopf des Wagbaums; B, Verbindungsstange, die sich in zwei Aeste, 1, 2 theilt; C, C, eiserne Bänder, deren jedes Aeste der Verbindungstange umfaßt; D, D, Polster von Kupfer, welche durch die Bänder C, C, festgehalten werden; E, Umdrehungsachse; F, Stift, der zum Befestigen der Bänder an den Aesten der Verbindungsstange dient, und um die Polster D mehr oder weniger an die Achse E zu drücken.

Ich will noch andere Einzelnheiten über Watts Maschine beifügen.

Auf den Deckel des Stämpels setzt man einen kupfernen Trichter x, Fig. 1, Taf. IX, der mit dem Innern des Cylinders in Verbindung steht. Dieser Trichter ist an seinem untern Theile mit einem Hahn versehen. Will man die Wände des Cylinders schmieren, um 1) die Reibung des Stämpels sanfter zu machen, und 2) das Ausströmen des Dampfes von oben nach unten, oder umgekehrt, abzuhalten; so füllt man den Trichter mit Oel, und man verschließt ihn mit einem Deckel, der genau paßt. Dann benützt man den Augenblick, wo der Stämpel in seinem Hub oben ist; man öffnet den Hahn des Trichters während der Zeit, die nöthig ist damit das darin enthaltene Oel auf den Stämpel fließe und sich auf dessen Oberfläche verbreite, die vom Mittelpunkte gegen der Kreislinie hin schief zugeht.

In den meisten Dampfmaschinen ist die Einrichtung so, daß das Schwungrad einige Zolle von der Mauer entfernt ist, welche die Maschine von dem Orte trennt, wo die Bewegung fortgepflanzt wird. Dann nimmt man zuweilen eine recht nützliche Vorsichtsmaßregel: sie besteht darin, an der Mauer sehr stark eine gegossene Platte zu befestigen, die mit mehrern Löchern durchbohrt ist, welche auf einem Kreisbogen stehn von kleinerm Halbmesser, als der des Schwungrades ist. Macht man Ausbesserungen an der Maschine, so muß man oft den Stämpel steigen oder sinken machen. In diesem Fall kann man das Schwungrad leicht umdrehen durch Hebel, die man in die Löcher der gegossenen Platte steckt, und gegen die Speichen des Schwungrades anstemmt.

Die Wirkung der Dampfmaschinen hängt wesentlich ab von der Gewalt, die der Stämpel nach der Wirkung des Dampfes ausüben kann. Vermittelst einer Art von Queckfilberbarometer, das man Manometer nennt und in Verbindung bringt mit dem Dampfe, den der Kessel liefert, mißt man den Druck, den dieser Dampf bewirkt. Nehmen

wir an, er bewirke auf jeden Quadratcentimeter 1 Kilogr.,035, das heißt, er wirke mit dem Druck einer einzigen Atmosphäre. Multiplizirt man die Zahl von Quadratcentimetern der Oberfläche des Stämpels mit 1 Kilogr.,0336, so erhält man den Gesammtdruck, der auf den als unbeweglich gedachten Stämpel gewirkt wird. Multiplicirt man diese Zahl durch den Raum, den der Stämpel in seinem vollständigen Hub durchläuft, so hat man das Moment, die dynamische Wirkung, die ein Stämpelhub hervorbringt. Diese Wirkung endlich, multiplizirt mit der Zahl von Huben des Stämpels, welche die Maschine in einem Tag bewirken kann, wird die tägliche Gesammtwirkung der Maschine geben. Diese Rechnungen sind, wie man sieht, nur eine annähernde Methode; weil sie voraussetzen, daß der Dampf eben so auf den Stämpel wirke, während seines ganzen Hubes, wie wenn er in Ruhe wäre.

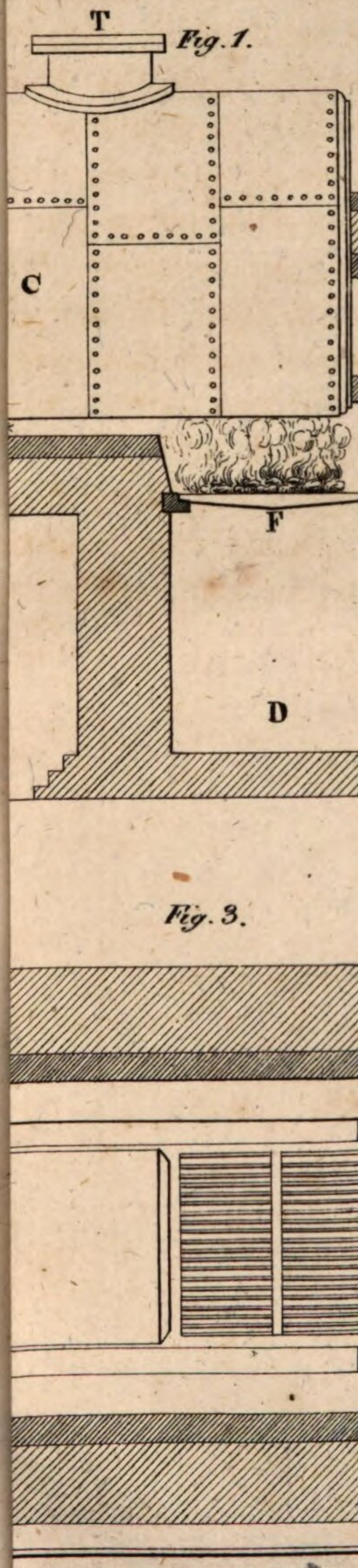


Fig. 1.

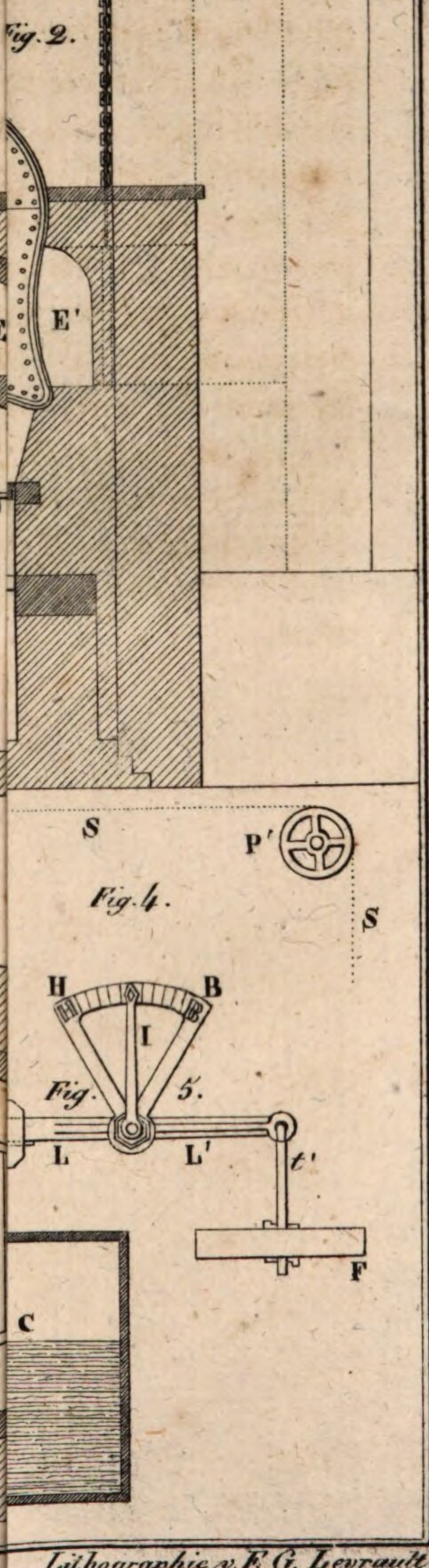


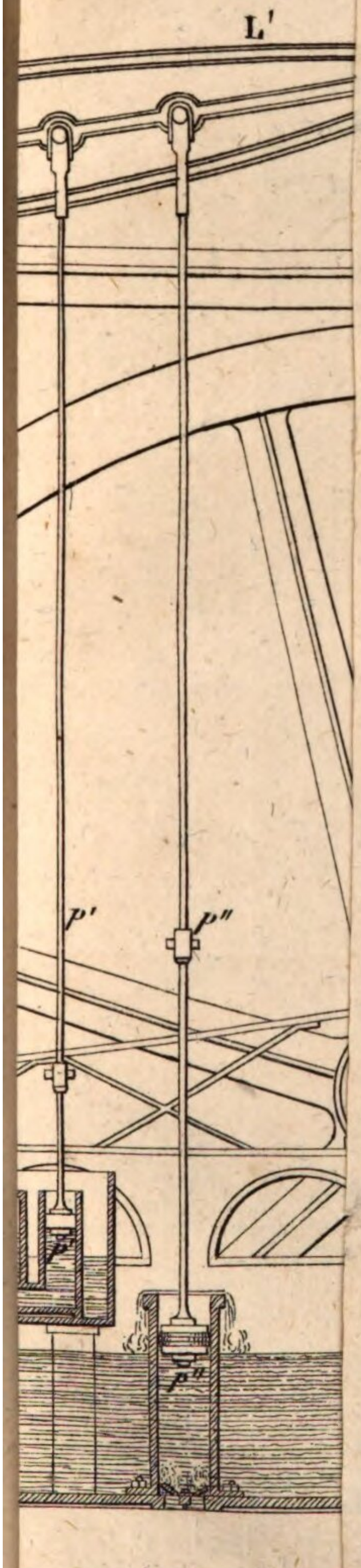
Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

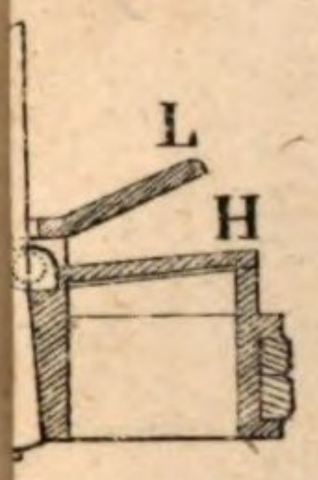
Fig. 5.

Lithographie v. F. G. Levrault.

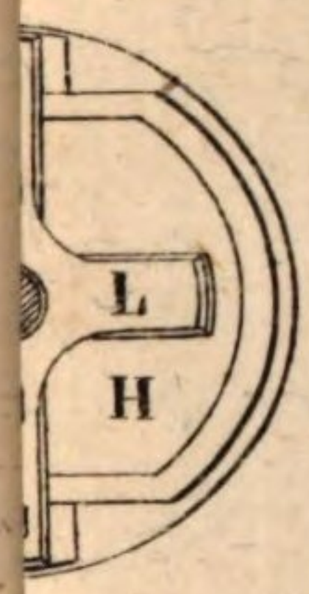

L'
p'
p''
p'
p''

ND HAND

5.



6.



7.

Vierzehnte Vorlesung.

Dampfmaschinen mit mittlerm und mit hohem Druck.

Arthur Woolf benützte mit Erfolg die Kraft des Dampfes zu höhern Drückungen, als der bloße Druck der Atmosphäre ist. Das System, das man ihm verdankt, verdient eine besondere Beschreibung. Seine Maschine hat zwei Cylinder, statt eines einzigen. Diese Cylinder haben gleiche Höhe; sie stehen neben einander, und ihre Achsen sind lothrecht, wie die Achse des einzigen Cylinders, den man in Watts System gebraucht.

Bezeichnen wir mit den Buchstaben C, *c*, Fig. 4, Taf. XIII, die beiden Cylinder, in welchen sich die Stämpel P, *p*, bewegen, die ein einziger Wagbaum in Thätigkeit setzt. Der Cylinder *c* nimmt geradezu den bewegenden Dampf auf, der ihm aus dem Kessel zugeführt wird durch die Oeffnungen *a*, *b*. Der obere Theil des Cylinders *c* steht in Verbindung mit dem untern Theile des Cylinders C, so wie dann der obere Theil des Cylinders C Gemeinschaft hat mit dem untern des Cylinders *c*. Endlich hat der große Cylinder C zwei Verbindungen *e*, *f*, mit dem Verdichter. Durch ein System von Ventilen kann man die Verbindung jeder Leitröhre *a*, *b*, *e*, *f*, mit den Cylindern öffnen oder schließen. Oeffnet man die Verbindung *a* des Kessels mit dem kleinen Cylinder, so ist die Verbindung *h* zwischen dem untern Theile des kleinen Cylinders und dem obern Theile des großen gleichfalls geöffnet, so wie die Verbindung *f*

zwischen dem Boden des großen Cylinders und dem Verdichter. Die drei andern Verbindungen *b*, *i*, *e*, sind geschlossen; sie öffnen sich, wenn die drei vorherbeschriebenen sich schließen. Endlich muß man bemerken, daß beide Stämpel zugleich steigen und sinken. Nehmen wir zum Beispiel an, die Stämpel seyen an den höchsten Punkt ihres Hubes gekommen, wenn der Dampf anfängt aus dem Kessel durch die Röhre *a* in den Cylinder *c* zu strömen: er treibt den kleinen Stämpel niederwärts; durch den nämlichen Druck geht der unter dem Stämpel *p* enthaltene Dampf durch *h* in den großen Cylinder über den Stämpel P, der so angetrieben wird, gleichfalls zu sinken, wie der kleine. Was den Dampf betrifft, der sich unter dem großen Stämpel befindet, da er durch diesen Stämpel gedrückt wird, so strömt er in den Verdichter, wo ihn überdies das abkühlende Wasser anzieht. Durch dieses Mittel kommen die beiden Stämpel an den niedrigsten Punkt ihres Hubes. Dann schließen sich die Verbindungen *a*, *h*, *f*, die drei andern *b*, *i*, *e*, öffnen sich, und die entgegengesetzte Wirkung erfolgt; neuer Dampf strömt zuerst aus dem Kessel unter den kleinen Stämpel; der Dampf, der sich über demselben befindet, geht nun unter den großen, den er aufwärts treibt; der über dem großen Stämpel angehäufte Dampf endlich strömt dem Verdichter zu durch die Verbindung *e*, bis die Stämpel sich gehoben haben, und am höchsten Punkte ihres Hubes angelangt sind.

Man muß bemerken daß der kleine Stämpel durch den Dampf getrieben wird mit aller Druckkraft, die dieser Dampf im Kessel haben kann; während der Dampf, der aus dem kleinen Cylinder in den großen übergeht, da er genöthigt ist, einen beträchtlichern Raum einzunehmen, wirkt indem er sich ausbreitet, und folglich wie wenn man seine ausdehnende Kraft benützte. Wenn man betrachtet, welches die Gesammtmasse des bei jedem Schlage des Wagbaums ver-

dichteten Dampfes ist, so sieht man, daß man den Dampf nur verdichtet, wenn seine Kraft auf eine nützliche Art angewendet wird in einem großen Theile seines Losschlages; dies gewährt einen großen Vortheil. In Watts Maschine, ohne Losschlag von Dampf gebraucht, verwendet man bei jedem Stämpelhub eine Masse von Dampf gleich dem Raum im Cylinder vom Stämpel an bis zur untern Grundfläche, wenn der Stämpel im höchsten Punkte steht, und bis zur obern Grundfläche, wenn der Stämpel den tiefsten Standpunkt hat. Es giebt also in Woolfs Maschine eine merkwürdige Quelle von Ersparnissen, welche uns die größere Menge nützlicher Wirkungen erklärt, welche man durch Maschinen hervorbringt, die nach einem solchen System gebaut sind.

Wir wollen nun Betrachtungen aufstellen, welche über Maschinen von mittlerm und hohem Druck vorgetragen worden sind in einem Berichte, der für die Akademie der Wissenschaften verfaßt wurde im Namen einer Commission (1), die beauftragt war zu untersuchen, welches die Vortheile und die Nachtheile seyen, die der Gebrauch von Maschinen mit mittlerm und hohem Druck darbietet, besonders unter dem Gesichtspunkte der öffentlichen Sicherheit. Wir werden dann die Beschreibung von Woolfs Maschinen wieder vornehmen, auf welche die der Maschinen von Trevithick und Evans folgen soll.

Vortheile der Dampfmaschinen, durch Vergleichung gefunden.

„ Unter die Zahl der anerkannten Vortheile der Maschinen mit hohem Druck muß man diesen rechnen, daß sie so wenig Raum als möglich einnehmen. Wenn man den

---

(1) Die Mitglieder dieser Commission waren die HHrn. von Laplace, von Prony, Ampere, Girard; und Carl Dupin, Berichterstatter.

Aufwand einer gegebenen Kraft bestreiten will, so bedarf es minder großer Räume um sehr zusammengepreßten Dampf zu enthalten, als um solchen zu enthalten, dessen Druck sehr wenig von dem der Atmosphäre verschieden ist.

„ Daraus folgt, daß die Hochdruckmaschinen, bei übrigens gleichen Umständen, um so viel vortheilhafter gebraucht werden können, je weniger geräumig die Orte sind, wo man sie anwenden soll, und je beträchtlicher der Preis des Bodens ist.

„ Wenn also der Gebrauch der Hochdruckmaschinen Vortheile gewährt, so ist es besonders in den Orten, wo viele Gewerbanstalten und Privatwohnungen jeder Anstalt nur einen kleinen, nicht sehr ausgedehnten Raum einzunehmen gestatten, in welchem man dennoch eine sehr große Kraft will wirken lassen, um wichtige Ergebnisse hervorzubringen.

„ Der Gebrauch der Hochdruckmaschinen ist gleichfalls vortheilhaft im Innern der Bergwerke, wo man nur über einen viel kleinern Raum, als in der freien Luft, verfügen kann.

„ Daher sehen wir auch, daß die Hochdruckmaschinen häufig in Manufakturstädten und bei Bergwerkarbeiten gebraucht werden.

„ Ein zweiter Vortheil solcher Maschinen, der noch größer ist als der erste, betrifft die Ersparniß an Brennmaterial, die sich aus den Wirkungen einer hohen Temperatur ergiebt.

„ Wir können diese Ersparniß auf die überzeugendste Art beweisen, nach der offiziellen und vergleichenden Darstellung der Wirkung großer Dampfmaschinen, die zu den Arbeiten der Bergwerke der Grafschaft Cornwallis in England gebraucht werden.

„ Um sich einen Begriff davon zu machen, wie wichtig es den Eigenthümern und Bearbeitern der Bergwerke von Cornwallis seyn mußte, Mittel zur Vermehrung des Nutzens der Dampfmaschinen aufzusuchen, so wie auf die bestimmteste

Weise die Wirkung der Mittel zu messen, die eine Vermehrung dieser Art geben können, wird es hinreichend seyn, folgende Bemerkung aufzustellen: die Unterhaltung und Bedienung der Maschinen zum Wasserausschöpfen in einer einzigen großen Kohlengrube, kostet jährlich die Summe von 25.500 Pfund Sterling; das heißt etwa 630.000 Franken.

„ Aus diesen Gründen wünschten im Jahr 1811 mehrere große Eigenthümer der Kupfer- und Zinnbergwerke in der Grafschaft Cornwallis, mit Gewißheit die von ihren Dampfmaschinen verrichtete Arbeit zu kennen. Sie kamen überein, an jeder dieser Maschinen einen Zähler anzubringen, der durch Ineinandergreifen von Rädern gebildet und den Eingreifungen in Uhrwerken ähnlich war. Dieser Zähler wurde so eingerichtet, daß die Zeiger auf Zifferblättern die Anzahl der Schwingungen des Wagbaums der Dampfmaschinen anzeigten. Die Aufstellung und Beaufsichtigung dieser Zähler wurden einem Mechaniker übergeben, der Zutrauen verdiente. Die ganze Verbindung jedes Zählers wurde in ein Gehäuse eingeschlossen, das man mit einem Schlüssel zuschließen konnte, damit keine andere Person die Zeiger in Unordnung bringen könnte, als die, welche eigens damit beauftragt war, die Aufsicht zu führen.

„ Für alle so mit einem Zähler versehnen Maschinen hielt man Register, welche angaben: 1) den Namen des Bergwerkes; 2) die Größe des einfachen oder doppelten Cylinders der zur Bearbeitung dieses Bergwerkes gebrauchten Maschine; 3) den vom Cylinder nach dem Verhältniß seiner Oberfläche ausgehaltenen Druck, und die Länge des Hubes vom Stämpel im Cylinder; 4) die Zahl der Stockwerke von Pumpen; 5) die lothrechte Höhe jedes Stockwerkes; 6) die Dauer der Arbeit; 7) den Verbrauch von Kohlen in Scheffeln abgeschätzt (1); 8) die Weite, welche der Stämpel in der Pumpe

(1) Ein gestrichener Scheffel enthält 35,24 Liter oder 38,052 Kilogr. Kohlen.

durchlief; 9) das Gewicht in Pfunden (1), einen Fuß (2) hoch gehoben, für jeden Scheffel Kohlen; 10) die Anzahl der Hube des Stämpels in jeder Minute; 11) den Namen des Erbauers jeder Maschine, und die über die Maschine zu machenden unentbehrlichen Bemerkungen.

„ Nach diesem schönen Ganzen von Versuchen, die nach dem größten wünschenswerthen Maßstabe angestellt wurden, verglich man seit mehr als zehn Jahren die Wirkung verschiedener Arten von Dampfmaschinen.

Im August 1811 erhoben die in den Bergwerken von Cornwallis gebrauchten, und der eben besprochenen Untersuchung unterworfenen Maschinen 15.760.000 Pfund (avoirdupois) einen Fuß hoch, für jeden verbrauchten Scheffel Kohlen (3).

„ Schon im Dezember desselben Jahrs hatten die Vervollkommnungen, die man im Dienste der Maschinen oder bei einzelnen ihrer Theile anbrachte, das mittlere Gesammtergebniß von 15.760.000 auf 17.075.000 Pfund gebracht.

„ In Folge von Verbesserungen derselben Art, und durch die Erbauung neuer, vollkommnerer Maschinen, als die alten waren, fand sich dieses Ergebniß:

„ Im Dezember 1812: 18.200.000 Pfund.
„ Im Dezember 1814: 19.784.000.
„ Im Mai 1815: 20.766.000.

„ Ohne Zweifel wird man über diese fortschreitende Verbesserung erstaunen, die in dem kurzen Zeitraum von viertehalb Jahren um mehr als dreißig Prozent das mittlere Ergebniß der Dampfmaschinen vermehrt, bei einem immer gleichen Verbrauch von Brennmaterial. Seit 1815 hat sich dies Ergebniß noch vermehrt durch die Vervollkommnungen,

---

(1) Das englische Pfund (avoirdupois) ist gleich 453 Grammen.
(2) Der englische Fuß ist gleich 3 Decimetern 5 Millimetern.
(3) Wir werden, Seite 353 die verglichene Uebertragung der hier aufgestellten Ergebnisse in französische Maße angeben.

die man bei dem Bau der Feuerherde, der Kessel und aller Theile des Mechanismus anbrachte.

„ Heutzutage berechnet man, daß Watts Maschinen, vervollkommnet, indem sie einen Scheffel Kohlen verbrauchen, mehr als dreißig Millionen Pfund Wasser einen Fuß hoch heben.

„ Neben diese Vermehrungen müssen wir diejenige stellen, welche sich ergiebt aus dem Gebrauch von Maschinen mit Drückungen, welche den einfachen Druck übersteigen. Dies sind die nach Woolfs System erbauten Maschinen. Nach diesem System hat man für das Bergwerk von Wheal-Vor in Cornwallis eine Maschine mit doppeltem Cylinder gemacht: der große Cylinder hat 53 englische Zoll, das heißt 1,35 Meter Durchmesser; der kleine 0,135 Meter.

„ Diese Maschine hat 49.980.882 Pfund einen Fuß hoch gehoben für jeden verbrauchten Scheffel Kohlen, während das mittlere Erzeugniß der andern Maschinen nur 20.479.350 Pfund betrug, auf dieselbe Höhe gehoben.

„ Im Jahr 1815 gaben zwei Maschinen von Woolf als mittleres Erzeugniß 46.255.250 Pfund, auf gleiche Höhe gehoben.

„ Einer von den Nachtheilen die man bei den Maschinen von mittlerm und hohem Druck findet, ist der, daß ihre Macht sich vermindert durch das Abnutzen der feinsten Theile in ihrem Bau, und durch den Verlust an Dampf, der daraus entsteht. Bei aller Anerkennung der Wahrheit einer solchen Einwendung ist es doch billig zu bemerken, daß neuere Vervollkommnungen, die man bei der Erbauung von Dampfmaschinen anbrachte, diesen wichtigen Nachtheil sehr vermindert haben.

„ Wir haben die Ergebnisse, die wir über die Dampfmaschinen berichten, welche man in den Bergwerken von Cornwallis gebraucht, genommen aus der Sammlung des Philosophical Magazine, die zusammengetragen und

herausgegeben wurden von Dr. Tilloch, Mitglied der königlichen Gesellschaft von London. Diese Ergebnisse finden sich darin mit den Zeugnissen von den Eigenthümern der Bergwerke und den Aufsehern über die Dampfmaschinen, die man zum Ausschöpfen braucht. Man kann auch in den neuesten englischen Encyclopädien Erläuterungen nachsehn, welche die eben angeführten Thatsachen bestätigen.

„ Wir würden als letzten Beweis der beziehungsweisen Ersparniß der Maschinen mit mittlerm Drucke, vor denen mit einfachem, die Größen von verbrauchtem Brennmaterial anführen, deren Maximum durch die Verfertiger dieser verschiedenen Maschinen verbürgt wird, wenn man gewiß seyn könnte, daß die Machteinheit, die man Kraft eines Pferdes nennt, dieselbe ist für beide Arten von Maschinen; dann würde kein Zweifel mehr übrig bleiben, wenn man ein gleiches Vertrauen den Angaben schenkte, welche bekannt gemacht worden sind durch die zwei größten Werkstätten, wo man in Frankreich Dampfmaschinen verfertigt, sowohl nach dem einen, als nach dem andern System.

„ Es wäre zu wünschen, daß man als Maßeinheit von der Kraft der Dampfmaschinen, statt einer ungenügenden und unbestimmten Bezeichnung, ein beständiggleiches Gewicht annähme, zu einer bestimmten Höhe gehoben (1): eine Thätigkeitsgröße, die man sehr schicklich mit dem Namen **Dynam** bezeichnen könnte. Dann wäre die nützliche Wirkung der Maschine bekannt durch die bloße Anzeige der Anzahl von Dynamen, die ihre Kraft hervorbringt; und man könnte immer gewiß werden, daß eine Dampfmaschine diesen oder jenen Grad von Macht besitze, indem man den Stämpel derselben mit einem hinreichenden und bestimmten

---

(1) Auf den Vorschlag des Hrn. von Prony hat sich eine Commission mit dieser wichtigen Frage beschäftigt: sie hat eben der Akademie ihren Bericht erstattet. Sieh 15te Vorlesung, Seite 389.

Druck beschwerte, und dann den Raum berechnete, welchen dieser Stämpel in einer Sekunde jenes Gewicht durchlaufen macht.

„ Was das Maß für die Spannung des Dampfes betrifft, indem man ihm zur Einheit den Druck der Atmosphäre giebt, müßte man beständig diesen Druck zurückführen auf den, welchen eine barometrische Säule von 76 Centimetern anzeigt, bei der Temperatur des schmelzenden Eises.

„ Zurückkommend auf den ersten Gegenstand unsers Berichtes, nach allen Umständlichkeiten, in welche wir uns eingelassen haben, glauben wir, als aus einer unwidersprechlichen Erfahrungsthatsache, schließen zu können, daß man dabei spart, wenn man zur bewegenden Kraft den Dampf nimmt, den man auf eine Temperatur erhöht hat, die um mehrere Einheiten jene übertrifft, welche dem einfachen Druck der Atmosphäre entspricht. Aber bis auf welchen Grad ist es nützlich, die Spannung des Dampfes zu steigern? welches mathematische Gesetz giebt das Erzeugniß der Dampfmaschinen an in Hinsicht auf die Wirkung der Temperatur und der Spannungen, die dadurch hervorgebracht werden? Dies kann man durch die bloße Theorie noch nicht auf eine genaue Art bestimmen.

„ Neue, mit Sorgfalt angestellte Versuche, begleitet von den gehörigen Rechnungen, um die Einheiten anzugeben, die bei den Abschätzungen noch fehlen, und den Werth jeder Art von Verlust an Hitze und Bewegung, werden allein der Theorie eine Vervollständigung geben können, die ihr noch fehlt, und die dann in Zahlen ihre endlichen Ergebnisse in Uebereinstimmung bringen wird mit der wirklichen Thätigkeit der Dampfmaschinen für die verschiedenen Grade des Druckes.

„ Für jetzt ist es uns genug, daß im Großen und mehrere Jahre hindurch angestellte Versuche gezeigt haben, auf eine überzeugende Weise, daß man eine beträchtliche Ersparniß

bei dem Gebrauche von Maschinen findet, wo der Dampf einen höhern Druck erleidet, als der von zwei Atmosphären ist, um unsre Begriffe zu bestimmen in Hinsicht der Drückungen, die höher sind als der einfache Druck.

„ Bis hieher haben wir die Maschinen von einfachem Druck nur mit denen von mittlerm verglichen : nun wollen wir sie mit Hochdruckmaschinen vergleichen, die, wie man weiß, das Besondre haben, daß sie ohne Verdichtung des Dampfes wirken.

„ In England hat Hr. Trevithick, in Amerika Hr. Olivier Evans zuerst Maschinen mit hohem Drucke verfertigt.

„ In Peru kamen mehrere der reichsten Bergwerke in Verfall, und einige konnten nicht mehr bearbeitet werden, wegen der Unmöglichkeit, sie durch Arbeit von Menschen trocken zu legen. Bei diesem Stand der Dinge kam der General-Direktor der Bergwerke auf den Gedanken, sich an Hrn. Trevithick zu wenden, um Hochdruckmaschinen zu erhalten, welche zum Ausschöpfen des Wassers aus diesen kostbaren Bergwerken dienen könnten. In wenigen Monaten waren neun dieser Maschinen im südlichen England verfertigt, und man brachte sie gegen das Ende von 1814 nach Peru.

„ Sie leisteten dort solche Dienste, daß der Schatzmeister jener Provinz vorschlug, dem Hrn. Trevithick eine silberne Bildsäule zu errichten, als Denkmal der Dankbarkeit der neuen Welt.

„ Sprechen wir nun von den Hochdruckmaschinen, die man der Erfindung von Olivier Evans verdankt. Dieser geschickte Ingenieur verfertigte eine große Anzahl derselben, die alle beträchtliche Ersparnisse im Verbrauche des Brennmaterials gewährten.

„ Als man in Philadelphia die Maschine mit einfachem Druck, die man zum Heben des Wassers gebraucht, welches für den Verbrauch der Stadt nöthig war, ersetzte durch eine Hochdruckmaschine, die nach dem System von Olivier Evans

erbaut war, so betrug die Ersparniß an Brennmaterial allein täglich 85 Franken; was in einem Jahr mehr als 30.000 Franken ausmacht. Diese Thatsache wird angeführt von Hrn. Partington in seiner Geschichte der Dampfmaschinen. Es ist Schade, daß Hr. Partington weder die Gesammtmenge der gehobenen Wasser, noch die Höhe der Erhebung dieser Wasser angiebt, noch das Gewicht des zur Hervorbringung dieser Wirkung gebrauchten Brennmaterials.

„ Glücklicherweise hat Hr. Marestier in seinen Denkschriften über das Seewesen der amerikanischen vereinigten Staaten die einzelnen Angaben berichtet, welche zu der Thatsache nöthig sind, von der wir sprechen. Die in Philadelphia errichtete Maschine hebt in vier und zwanzig Stunden mehr als zwanzigtausend Tonnen Wasser 30 Meter hoch, und verbraucht täglich 43 ½ Stere Holz. Die Hochdruckmaschine welche diese Ergebnisse hervorbringt, hat nur 123.000 Franken gekostet, indeß eine Maschine von gleicher Stärke, und mit einfachem Druck, wie Hr. Marestier sagt, 200.000 Franken gekostet hätte, um sie, wie die erste, in Amerika verfertigen zu lassen.

„ Die Maschinen von Evans machen den Dampf unter einem Drucke von acht, und sogar von zehn Atmosphären arbeiten. Eine große Anzahl von diesen Maschinen wurde in Amerika erbaut, wo sie wesentliche Dienste leisten.

„ Da der Congreß der vereinigten Staaten im Jahr 1814 einen Bericht über die Fortschritte der nützlichen Künste in diesen Staaten erstattet hatte, so wurde Olivier Evans in diesem Bericht als einer der Wohlthäter seines Vaterlandes angeführt. Der Congreß wollte ihm ein anderes, feierliches Zeugniß seiner Dankbarkeit geben, indem er ihm aus besonderer Gunst für zehn Jahre (von 1815 bis 1825) die Verlängerung des auf seine Hochdruckmaschinen bezüglichen Erfindungspatentes verlieh; eine Begünstigung, ähnlich jener, die Watt und Boulton vom englischen Parla-

ment erlangt hatten für ihre Maschinen mit einfachem Druck.

„ Der Gebrauch der Hochdruckmaschinen, wie uns Hr. Marestier in seiner Reise nach Amerika berichtet, ist in den vereinigten Staaten immer häufiger geworden. Nach den Erkundigungen, die Einer von uns bei glaubwürdigen Personen eingezogen hat, verbreitet sich der Gebrauch dieser Maschinen immer mehr in Großbrittannien, statt seltener zu werden.

„ Der Gebrauch des verdichteten Dampfes ist eine noch in der Kindheit befindliche Unternehmung; und ungeachtet der wichtigen Dienste, die sie schon geleistet hat, muß man diese Unternehmung als noch weit entfernt betrachten von den Diensten, die sie leisten wird, wenn man einmal besser die Kunst kennt, aus ihren Wirkungen Nutzen zu ziehen. “

Es ist billig anzuführen, daß schon im Jahr 1781 Hornblower ein Erfindungspatent genommen hatte für eine Dampfmaschine, die mit zwei Cylindern bei dem einfachen Druck der Atmosphäre wirkte, und in der Absicht, den in den ersten Cylinder geleiteten Dampf zu benutzen, indem er ihn so sich ausdehnen ließ, daß er den zweiten Cylinder anfüllte.

Im Jahr 1804 nahm Woolf diesen Gedanken wieder auf; aber statt in seinem ersten Cylinder durch den Kessel gelieferten Dampf zu gebrauchen zu 100 Graden Temperatur, oder dem einfachen Druck der Atmosphäre, gebrauchte er Dampf, der auf mehrere Atmosphären erhöht war: dies gab ihm das Mittel, einen viel beträchtlichern Losschlag hervorzubringen, und eine viel vortheilhaftere nützliche Wirkung zu erhalten, als man sie von Hornblowers Mechanismus erwarten konnte. Nicht als ob die von Woolf gegebenen Rechnungen nicht gleich von Anfang an sehr irrig wären; so wie nämlich die Temperatur höher wird, bringt sie viel weniger starke Drückungen hervor, als Woolf annimmt.

Aber obschon Woolf sich beträchtlich geirrt hat, wie es

auch Hornblower gethan hatte, wie es sogar Evans und Trevithick thaten, über die Vortheile seiner Maschine; so folgt deswegen nicht daraus, daß diese Maschine nicht einen wirklichen Vortheil haben sollte; und dieser Vortheil ist bewiesen durch die Tafel, die wir angeführt haben, zwölfte Vorlesung, Seite 307, über die Kraft, die der Dampf hervorbringt, wenn er zu einer Hitze erhöht wird, die einem Drucke von mehrern Atmosphären entspricht, und dann durch den Losschlag dieses nämlichen Dampfes.

In Woolfs System, wie in dem von Watt, muß man immer von dem Druck, den der bewegende Dampf bewirkt, den widerstrebenden Druck abziehen, der von dem unvollkommen verdichteten Dampfe herrührt; ein Widerstand, dessen Werth man finden wird, sobald man die Temperatur kennt, in welcher die Verdichtung geschieht.

Man verdankt Woolfen andre Verbesserungen seines Systems, um den Verlust der Hitze zu verhindern. Um diesem Verluste vorzubeugen, umgiebt er seine Cylinder mit einer Umhüllung; dann leitet er Dampf zwischen diese Umhüllung und diese Cylinder, damit die äußere Oberfläche dieser letztern nicht der unmittelbaren Wirkung der äußern Luft ausgesetzt sey, und nicht durch die Wirkung des Erkaltens einen so großen Verlust an bewegender Kraft veranlasse.

Man hat vorgeschlagen, den Dampf, den man um die Cylinder herströmen läßt, zwischen der Umhüllung, von welcher wir eben sprachen, zu liefern durch einen abgesonderten Herd und Kessel; dies kann einen Vortheil durch Ersparniß verschaffen.

Woolf hat bemerkt, daß Watts Maschinen verbessert werden könnten, wenn man dabei sein System anwendete, den Dampf zusammenzupressen bei seiner Entwicklung, und ihn auszudehnen bei seiner Wirkung. Dazu reicht es hin, dem Kessel, so wie der Umhüllung des Cylinders mehr Stärke zu geben; und den Bau, so wie die Ausdehnungen der Ven-

tile so abzumessen, daß der Dampf, so wie er aus dem Kessel kommt, nach und nach in den Cylinder strömt, vermittelst eines Durchganges, der immer weiter wird. Durch dies Mittel hat der stark zusammengepreßte Dampf Zeit, sich auszudehnen, ehe er unter den Stämpel kommt, und trifft ihn nicht mit einer für die Maschine gefährlichen Heftigkeit.

Man muß so nur eine solche Menge von Dampf einströmen lassen, daß er nach seinem Losschlag die ganze Weite des Cylinders ausfülle. Also muß man in diesem System das Zulassungsventil des Dampfes weit eher schließen, als der Stämpel an die Grenze seines Hubes gekommen ist. Es ist leicht zu berechnen, wie hoch der Stämpel kommen müsse, im Augenblick, wo das Ventil geschlossen werden soll.

Diese Abänderung hat eine offenbare Aehnlichkeit mit der, welche Watt selbst bei dem Gebrauch seiner Maschine anbrachte durch die Ausdehnung des Dampfes, für einen Losschlag unter dem Druck der Atmosphäre. Es ist nur der Zusatz dabei, den wir bemerklich gemacht haben, und der bewirkt, daß die Oeffnung des Dampfventils stufenweise verkleinert wird, wenn der Stämpel sinkt, statt in einem Punkte des Sinkens ganz still zu stehn; eine Einrichtung, die den Vortheil hat, die Wirkung der Maschine gleichförmiger zu machen.

Woolf nahm hernach ein neues Erfindungspatent um den Dampf in dem Cylinder selbst zu erhitzen, wo er arbeitet. Im Jahr 1810 nahm er ein neues Patent, um die vorige Einrichtung zu vervollkommnen und jedem Verluste des Dampfes, durch dessen Ausströmen zwischen dem Cylinder und dem Stämpel, vorzubeugen. Zu diesem Zwecke gestattet er dem Dampf nicht, auf einen Stämpel zu wirken, sondern auf eine Flüssigkeit, wie Oel oder ein flüssiges Metall, indem der Dampf in einen Raum einströmt, der vom Cylinder und Stämpel abgesondert ist, mit welchen er in Verbindung steht durch eine Leitung, die mit der Flüssigkeit an-

gefüllt ist, von der wir sprechen. Diese verschiedenen Abänderungen sind mehr sinnreich, als wirklich anwendbar.

Im Jahr 1815 wurden zwei große Dampfmaschinen in der Grafschaft Cornwallis erbaut, in den unter den Namen Wheal-Vor und Wheal-Abraham bekannten Bergwerken, um Wasser zu heben. Diese zwei Maschinen sind die, welche wir angeführt haben in dem obgemeldeten Bericht, Seite 345. In demselben Bericht haben wir die Gewichte des von den Maschinen gehobenen Wassers nach englischem Gewicht angeführt. Wir wollen sie nun in französische Gewichte verwandeln, und in dynamischen Einheiten das Erzeugniß dieser Maschinen berechnen. So werden wir folgende Tafel bilden:

Pfunde Wasser einen Fuß hoch gehoben mit 1 Scheffel Kohlen.	Brennmaterialien um hervorzubringen: 1 Dynam von nützlicher Wirkung.	6 Dyn. von nützlicher Wirkung, in 24 Stunden.	6 Dyn. von nützlicher Wirkung, in einer Stunde.
	Kilogr.		
15.760.000	20,71	124,26	5,17
	19,05	114,30	4,76
18.200.000	17,94	107,64	4,48
19.784.000	16,49	98,94	4,12
20.766.000	15,88	95,28	3,93
	Indem man Watt's Maschinen gebrauchte mit einem merklich höhern Druck, als der der einfachen Atmosphäre ist, gelang es, sie eine nützliche Wirkung hervorbringen zu machen, die vorgestellt wird durch		
30.000.000	9,31	55,86	2,33
	Nützliche Wirkungen von Woolf's Maschinen		
46.255.225	7,06	42,36	1,76
47.980.882	6,53	39,18	1,63

Es ist billig zu bemerken, daß in Woolfs Maschinen die nützliche Wirkung mit der Zeit geringer wird durch die Kraft-

verluste, welche von dem Abnutzen der Stämpel, Ventile und Cylinder herrühren. Aber eine solche Kraftverminderung scheint uns nicht so beträchtlich, als man es hätte glauben sollen, und läßt immer diesen Maschinen einen merkwürdigen Vorzug. Man kann dies beurtheilen aus folgender Tafel über die Erzeugnisse der Maschine unter den beiden großen, nach Woolfs System errichteten, welche die wenigsten Vorzüge hat.

Monate.		Erzeugnisse.	
Mai	1815 . .	49.980.882	Pfund einen Fuß hoch gehoben.
März	1816 . .	48.432.702	
April	1816 . .	44.000.000	
Mai	1816 . .	49.500.000	
Juni	1816 . .	43.000.000.	

Man sieht: 1) daß der Monat Mai der beiden Jahre ein fast gleichgeltendes Erzeugniß giebt; 2) daß, selbst wenn man das Erzeugniß des Monats Juni 1816 als gewöhnlichen Werth der Arbeit in diesem Zeitpunkt annimmt, sich daraus ergiebt, daß nach dreizehn Monaten von Arbeit einer nach Woolfs System errichteten Maschine, das Erzeugniß derselben noch einen Vortheil von wenigstens 30 Prozent darbietet vor Watts vervollkommnetem System, und wenn man annimmt, daß man Watts Maschine mit einem merklich höhern Druck gebraucht, als der der einfachen Atmosphäre ist.

Die Kessel, welche Woolf gebraucht, sind nothwendig verschieden von denen, die zu Maschinen dienen, wo der Dampf nur entwickelt werden soll bei einem Drucke, der wenig verschieden ist von dem einer einfachen Atmosphäre. Das Wasser, das er in Dampf verwandeln will, befindet sich in kleinen Cylindern oder Röhren von gegossenem Eisen, die man Sudröhren nennt. Diese Röhren, in eine wagerechte Lage gebracht, sind unmittelbar der Wirkung der Flamme ausgesetzt. Sie haben eine Verbindung, durch welche der Dampf

sich erheben, und sich in den kleinen Cylinder begeben kann. Man gebraucht eine um so viel größere Anzahl von Sudröhren, als die Kraft der Maschine beträchtlicher ist. Es ist leicht einzusehn, warum Woolf mehrere Sudröhren von nicht sehr beträchtlichem Durchmesser gebraucht, statt eines einzigen großen Cylinders; weil nämlich die Stärke der Metallcylinder zum Widerstande gegen den Druck elastischer Flüssigkeiten, die sie enthalten, in umgekehrtem Verhältniß des Durchmessers dieser Cylinder ist.

Es ist höchst wichtig, diese Röhren aus vollkommen mildem Gußeisen zu machen, das in allen seinen Theilen gleichen Widerstand leisten kann, damit man kein Zerspringen fürchten dürfe.

Man muß auch nicht glauben, daß man den Sudröhren eine unbestimmte Dicke geben könne. Die Erfahrung hat in der That gezeigt, wenn man eine gewisse Dicke überschreitet, daß die Ausdehnung der innern Oberfläche, die durch die Wirkung der Hitze nur bloß der Ausdehnung der äußern Oberfläche gleich seyn sollte, es nicht seyn kann wegen der cylindrischen Gestalt; und daß daher die äußere Fläche zuletzt Ritzen bekommen muß, wenn die Dicke des Cylinders gewisse Grenzen übersteigt.

Tafel XII stellen die Fig. 2 und 3 den der Länge nach, und den quer genommenen Durchschnitt eines gegossenen Kessels vor, mit zwei Sudröhren B, B, und seinem Ofen. CC, Kessel aus zwei Stücken bestehend, die vermittelst innerer Bänder (brides) A verbunden sind; T, Loch für den Mann; *v*, Oeffnung für die Speisungsröhre; *t*, Oeffnung für die Dampfröhre; S, Sicherheitsventil; B, Sudröhre, welche durch die Röhren *a*, *a*, mit dem Kessel in Verbindung steht; F, Herd.

Hr. Edwards, Woolfs Handelsgenosse, hat Dampfmaschinen in Frankreich eingeführt und verfertigt, welche die doppelte Wirkung derer von Watt mit dem hohen Drucke

derer von Trevithick verbinden. Seine Kessel gleichen dem, von welchem wir so eben sprachen. Er gebraucht den Verdichter, und die Einspritzungen finden Statt wie in Watts Maschinen von doppelter Wirkung.

Er hat für Herrn Richard eine Maschine dieser Art erbaut, die sechs Pferde, oder sechs und dreißig Dynamen stark ist; sie dient dazu, Krempelkämme für rohe Wolle in Bewegung zu setzen. Sie ersetzt ein Mangwerk von vier Pferden, für dessen Bedienung man zwölf verfügbare Pferde hätte unterhalten müssen.

In dieser Maschine steht der Ofen außerhalb; er verzehrt seinen eigenen Rauch. Zwei Stämpel mit metallenem Besatz, zwei Hähne und zwei Ventile reichen hin zur Leitung des Umherströmens vom Dampfe, der die Maschine in Bewegung setzt. Ein gegossener Wagbaum wird getragen von vier Säulen, die eine vierseitige Pyramide bilden. An einem seiner Ende nimmt er die Bewegung der Stämpelstange auf, vermittelst eines doppelten Parallelogrammes; er theilt diese Bewegung der im Verdichter eingeschlossenen Luftpumpe mit. Diese Pumpe, indem sie das kalte Wasser aus einem Brunnen hebt, macht den Gebrauch eines Troges oder Behälters entbehrlich. Der Wagbaum theilt seine Bewegung auch der Kurbel des Wellbaumes vom Schwungrade mit, vermittelst einer Verbindungsstange (bièle). Dieser Baum theilt seine Umdrehung dem Bewegungsleiter mit, welcher den Hahn regiert, der den Dampf zuläßt; den zwei Abflußventilen für den Dampf, welche durch eine doppelte Feder verschlossen sind, und sich wechselsweise öffnen durch eine Hin- und Herbewegung, die aus einer sehr sinnreichen umdrehenden Bewegung entsteht, um den Dampf mit dem Verdichter in Verbindung zu bringen. An den Wellbaum des Schwungrades befestigt man den Baum, der den Wollkämmen die Bewegung ertheilt.

Nachdem die kleine Speisungspumpe in den Kessel die nöthige Menge von warmem Wasser geliefert hat, das aus dem Verdichter kommt, eine Menge, die man nach Willkühr regeln kann, so fließt das Ueberflüssige auf die Straße aus.

Die beiden Dampfcylinder von ungleichem Durchmesser sind

in einer einzigen Umhüllung von gegossenem Eisen eingeschlossen, und beständig mit Dampf umgeben, der sie auf dem nämlichen Grad von Hitze erhält, wie das Innere des Kessels.

Der metallene Besatz der Stämpel besteht aus mehrern kupfernen Kreisabschnitten, die durch Drahtfedern von innen nach außen an die innern Wände der Dampfcylinder gedrückt werden. Dieser Besatz polirt durch seine Reibung viel mehr das Innere der Cylinder, als er sie abnutzt, wegen seines geringen Seitendruckes. Die gewöhnlich gebrauchten Besätze hingegen verderben sie nach einiger Zeit, und machen eine häufige und kostspielige Erneuerung nothwendig. Hr. Edwards versichert, daß die Stämpel mit metallenem Besatz mehrere Jahre lang arbeiten können, ohne daß man nöthig hätte, eine Ausbesserung daran vorzunehmen. Daraus folgt eine große Ersparniß in der Unterhaltung der Maschine.

Es findet eine vollkommene Zusammenstimmung Statt in dem Spiel der Hähne, so wie in dem der Ausflußventile für die Verdichtung, die sich in einem Dampfbehälter befinden aus einem einzigen Stück Gußeisen, und welche seitwärts befestigt sind, nahe an der Spitze der Umhüllung der beiden Dampfcylinder.

Die HHrn. Aitkin und Steel haben Woolfs System sinnreich abgeändert, indem sie drei Cylinder statt zweier gebrauchen, nebst einem rauchverzehrenden Ofen mit umlaufendem Herde, den wir vorgestellt haben Taf. XIII, Fig. 2 und 3.

Fig. 2 stellt den Plan des Rostes G vor, der auf einer wagerechten Achse sich umdreht. Der Metallkegel C, der mit schiefen oder spiralförmigen Zähnen besetzt ist, dient dazu, den Kohlenstaub regelmäßig hinabfallen zu machen, wie eine Mühlennuß (noix de moulin), in den Trichter LT, Fig. 3. Folglich ist es hinreichend, den Trichter von Zeit zu Zeit in L über dem Kegel zu füllen. Die Bewegung der Dampfmaschine selbst dreht diesen Kegel um, macht die Kohlen hinabfallen und den Rost G umlaufen, der auf seinem ganzen Umfang regelmäßig mit Brennmaterial bestreut wird.

Gehen wir nun über zu den Hochdruckmaschinen von Olivier Evans und Trevithick.

Olivier Evans, wie Woolf, hatte sich die mechanische

Macht des Dampfes für hohe Temperaturen übertrieben groß vorgestellt. Sie schlossen daraus viel zu große Vortheile durch den Gebrauch des Dampfes in den sogenannten Hochdruckmaschinen. Aber wenn man auch die Berechnungen von Evans um Vieles herabsetzt, so bleibt darum das System, welches dieser sinnreiche Mann erfunden hat, nicht weniger sehr wichtig, unter dem Gesichtspunkte des Brennmaterials, besonders bei den Maschinen, die man von einem Orte zum andern zu bringen hat, wo es wichtig ist, daß die Maschine in Vergleichung mit ihrer Kraft sehr wenig wiege. Evans gab ein Handbuch heraus für den Mechaniker, der Dampfmaschinen erbauen will; in diesem Buche setzt er seine Grundsätze und seine Verfertigungsmittel auseinander.

Evans schlägt vor, zu Kesseln zwei Cylinder zu gebrauchen, ähnlich denen, die man vorgestellt findet *c*, C, Fig. 5, Taf. XIII. Einer der Cylinder liegt im andern, ein wenig unter dem Mittelpunkte des erstern, wenn sie wagerecht liegen. Man läßt so den zur Bildung des Dampfes nöthigen Raum über dem Wasser, welches den untern Cylinder ganz bedecken muß. Die Länge beider Cylinder ist dieselbe, und beide müssen in den nämlichen Böden befestigt seyn. Man macht das Feuer im untern Cylinder, der ganz mit Wasser umgeben ist. Endlich ist die ganze Verbindung mit einem Mauerwerk eingefaßt, und die Röhre, welche mit dem Schornstein in Verbindung steht, leitet die Hitze in den äußern Cylinder, welchen sie unmittelbar in seiner ganzen Länge berührt. Evans gebraucht zu seinen Kesseln das beste Eisenblech; er macht die Böden nur dann aus gegossenem Eisen, wenn er sicher ist, daß diese Böden in keine unmittelbare Berührung mit dem Feuer kommen können.

Die Dampfmaschine kann erbaut werden nach einem System, das dem von Watt ähnlich ist; wenn nur der Bewegungsleiter so eingerichtet ist, daß im Augenblicke, wo der Stämpel an die Grenze seines Hubes gelangt, ein Ventil sich öffne, um in den Cylinder einen kleinen Theil von Dampf einströmen zu lassen, der ihn zwingt zu sinken. Dieses Ventil muß sich schließen, so bald es eine solche Menge von Dampf hat einströmen lassen, daß

derselbe, ausgedehnt bis zum Druck einer Atmosphäre, den Stämpel bis zum niedrigsten Punkte seines Hubes hat sinken machen. Am untern Ende des Cylinders gestattet ein anders Ventil eine geringe Menge Dampf einströmen zu lassen, der zu einer hohen Temperatur erhitzt ist, und hinreicht, um den Stämpel wieder bis zum höchsten Punkte seines Hubes zu treiben. Da die Grenze vom Losschlag des Dampfes immer ein wenig höher ist, als der einfache Druck der Atmosphäre, so kann die Erfahrung allein anzeigen, wie viel zu einem bestimmten hohen Druck erhitzten Dampfes erfordert wird, damit dieser Dampf durch seinen Losschlag einen gegebenen Raum ausfülle, indem er sich bis zu einem andern bestimmten Drucke herabspannt.

Evans berichtet daß ein Kessel, dessen Ofen in einer Stunde 35 Kilogramme Kohlen und etwas darüber verzehrt, und der einen Hahn trägt, dessen Oeffnung hinreicht, um den Dampf in den leeren Raum ausströmen zu lassen, mit dem Druck einer einfachen Atmosphäre, diesem Dampf eine Geschwindigkeit von 406 Metern in einer Sekunde mittheilt.

Wenn Evans einen Druck von 8 Atmosphären anwenden will, so findet er, daß es streng genommen hinreichend wäre, neuen Dampf in den Cylinder oder durch den Stämpel einströmen zu lassen bis zum Augenblick, wo der Stämpel den achten Theil seines ganzen Hubes durchlaufen hat. Die große Verdichtung ist hinlänglich, daß er von sich selbst sich ausdehnt, indem er den Stämpel fortstößt und die Maschine in Bewegung setzt bis an das Ende des Hubes von diesem Stämpel. Dennoch gründet Evans seine Berechnungen auf die Annahme, daß man neuen Dampf in den Cylinder einströmen lasse bis zum Augenblick, wo der Stämpel schon den vierten Theil jedes neuen Hubes durchlaufen hat.

Um den Kessel zu speisen, gebraucht Evans eine kleine Druckpumpe, die den Verlust der Verdampfung ersetzt. Wäre dies Wasser nicht schon sehr heiß, so würde es der innern Temperatur des Kessels eine starke Abkühlung verursachen. Deswegen stellt man einen kleinen Kessel neben dem ersten auf; man erhitzt ihn, entweder indem man den Dampf hineinströmen läßt, der aus dem Cylinder der Maschine kommt, oder indem man die

Hitzröhre durchgehen läßt, welche zum Schornstein leitet, nachdem sie aus dem großen Kessel gekommen ist.

Mit dieser Einrichtung zieht die kleine Speisungspumpe das kalte Wasser aus einem Brunnen, einem Behälter oder einem fließenden Wasser, um es in den kleinen Kessel zu pumpen, der immer voll bleibt, obgleich er beständig durch eine Verbindungsröhre dem großen Kessel Wasser liefert.

Als Evans den Dampfverdichter gebrauchte, beschäftigte er sich mit den Mitteln, denselben zu vervollkommnen.

In Watt's Maschine wird ein Theil des Wassers, das zum Verdichten gedient hat, und das man mittelst einer Saugpumpe herauszieht, in den Kessel zurück gepumpt, um ihn zu speisen. Da die zum Verdichten des Dampfes nöthige Einspritzung beständig neues Wasser in den Verdichter bringt, und dieses Wasser unaufhörlich zu dem Kessel zurück geleitet wird, so ist die Entwicklung der in diesem Wasser enthaltenen Luft fortdauernd, so wie das Absetzen der Stoffe, die das Wasser aufgelöst enthielt, und die es auf dem Boden des Kessels absetzt, wenn man es in Dampf verwandelt. Dieser Bodensatz bildet eine Kruste, die kein Wärmeleiter ist; dies macht, daß das Metall des Kessels verbrennt, und bei weitem nicht so lange hält. Setzen wir hinzu, daß es Geld und Zeit kostet, so oft man den Boden dieses Kessels reinigen muß; eine Verrichtung, die man nur zu oft zu wiederholen hat. Auf folgende Weise beugt Evans diesen Nachtheilen vor. Er taucht in das kalte Wasser, das den Verdichter umgiebt, ein metallenes Gefäß, das mit einem Luftbehälter versehen ist. Das in dem Gefäß enthaltene Wasser ist durch die Elastizität dieser Luft gezwungen, einen fortdauernden Stral zu bilden, der in den Verdichter eindringt. Die Ausleerungspumpe, welche die Luft und das warme Wasser durch den Boden des Verdichters abzieht, leitet so viel Wasser in das Einspritzungsgefäß zurück, als es enthalten kann; der Ueberrest des Wassers, das sich in dem Verdichter befand, wird durch dieselbe Ausleerungspumpe gezwungen, in den Speisungskessel zu dringen, nachdem es die Luft durch eine Ventilöffnung hat wegströmen lassen, welche oben an einem Luftbehälter angebracht ist, der zu diesem Zwecke über dem Durchfluß des Wassers vom Verdichter bis zum Speisungskessel zubereitet ist. Man bringt das Verdichtungswasser

durch ein Ende des Einspritzungsgefäßes hinein, indeß es durch das andre Ende ausspritzt, damit es erkalten und zur Verdichtung tauglich werden könne. Dadurch vermeidet man das Einströmen jedes neuen Wassers, und man bewegt fortdauernd die Maschine mit der nämlichen Menge Wasser, die sie am Anfang der Arbeit hatte. Indem man fortwährend das nämliche Wasser destillirt, befreit es sich schnell von der Luft, die es enthält, und der leere Raum wird minder unvollkommen, wenn man den Wasserdampf aufzehrt durch Einspritzung von kaltem Wasser.

Wir wollen nun die erklärende Beschreibung einer Maschine von Evans geben, Taf. XII.

Fig. 1, A, Dampfcylinder; B, Cylinder, der ein Kühlrohr enthält, in welchem der Dampf sich verdichtet, und das durch das Rohr CC geht; *b*, Ausflußrohr; D, Kaltwasserpumpe, die durch die Röhre *dd* mit dem Raum in Verbindung steht, welcher das Kühlrohr enthält; E, Speisungspumpe; GG, Wagbaum; P, fester Punkt des Parallelogramms; I, Befestigungspunkt der Stämpelstange an den Wagbaum; OO, Stange, die auf einer Seite an den festen Bolzen P befestigt ist, auf der andern am Wagbaum, um zu verhindern, daß dieser letztere die Stämpelstange außerhalb der lothrechten Richtung ziehe, indem er sie auf ihrer gegliederten Tragstange L weichen machen würde; M, Verbindungsstange; NN, Schwungrad. Fig. 4., lothrechter Durchschnitt eines Dampfbehälters und eines wagerechten Ventils A, das eine fortdauernde umdrehende Bewegung hat; B, Wellbaum, der dem Ventil A die Bewegung mittheilt vermittelst einer viereckigen Einfassung *q*. Fig. 5, wagerechter Durchschnitt, nach der Linie XX, und von oben herab gesehn. Fig. 6, untere Ansicht des Ventils. Fig. 7, Plan des Bodens FF, Fig. 4, des Behälters, auf welchem das Ventil A sich dreht, und in welchen die kreisförmigen Oeffnungen *aa*, *bb*, angebracht sind: das Ventil A ist von einem viereckigen leeren Raum *d* durchzogen, der von gleicher Breite ist und in gleicher Entfernung von der gemeinschaftlichen Achse des Behälters und des Ventils, wie die Oeffnungen *a*, *b*. Der Behälter FF ist lothrecht von drei Oeffnungen *aa*, *bb*, *cc*, durchbohrt: *a* führt unter den Stämpel des Dampfcylinders; *b* über diesen Stäm-

pel; *c* eine andre, dem Behälter näher liegende Oeffnung, steht in Verbindung mit dem Verdichter. Der Dampf kommt durch die Oeffnung V, strömt durch *d*, sobald *d* sich senkrecht mit *a* oder *b* befindet, und folglich strömt der Dampf aus dem Kessel bald über, bald unter den Stämpel des Cylinders: der untere Theil des Behälters stellt eine Höhlung *e*, Fig. 4, 5, dar, deren Breite hinreicht, um bald die Oeffnungen *aa* und *cc*, bald *bb* und *cc* zu bedecken. Dies macht daß derjenige Dampf mit dem Verdichter in Verbindung kommt, welcher sich auf der einen Seite des Stämpels befindet, indeß andrer Dampf aus dem Kessel nach der andern Seite des Stämpels strömt. Fig. 8, Sicherheitsventil (Durchschnitt); *c*, Klappe, deren schließender Theil sich auf das Ende der Röhre T, Fig. 8, legt, die mit dem Kessel in Verbindung ist; der andre Theil, der in das Rohr hineingeht, ist mit drei Oeffnungen durchbohrt, um dem Dampf einen Durchgang zu verstatten. Fig. 9, Plan des Ventils; R, R, Hebel, welcher auf die Klappe drückt vermittelst des Gewichtes P, Fig. *g*, Aufriß der Klappe; Fig. *h*, wagerechter Plan.

Im Jahr 1802 nahmen in England die Hrn. Trevithick und Vivian ein Erfindungspatent für eine Dampfmaschine mit hohem Druck, ohne Verdichtung, angewandt zum Ziehen von Fuhrwerken auf gewöhnlichen Straßen. Da sie zu große Schwierigkeiten fanden, ihre Gedanken in Ausübung zu bringen, so beschränkten sie sich darauf, ein Mittel zu suchen, die Kraft des Dampfes anzuwenden zum Ziehen von Wägen auf Eisengeleisen.

Im Jahr 1804 wurde diese neue Erfindung verwirklicht auf der Eisenbahn von Merthyn Tydvil, im Lande Wallis.

Im Jahr 1811 führte Hr. Blenkinsop den Gebrauch von gezahnten Eisengeleisen ein, auf welchen Wagenräder hinrollten, die ebenfalls gezahnt waren, und durch die Kraft des Dampfes in Bewegung gesetzt wurden. Diese Verbesserung machte es möglich, mehr oder weniger starken Abhängen zu folgen, ohne daß man zu fürchten hatte, die Maschine möchte auf den Geleisen, wie auf schiefen Ebenen, hinabgleiten.

Im Jahr 1812 nahmen die HHrn. Edwards und William Chapman ein Patent, um ihre bewegende Maschine auf eine Kette wirken zu lassen, die auf der ganzen Länge der Straße ausgespannt, und an den Enden stark befestigt war. Diese Kette machte einen doppelten Umgang um eine Rinne, die in einem wagerechten Cylinder ausgehöhlt war, welcher durch die Kraft des Dampfes in Bewegung gesetzt wurde. Dies ist ein Mittel, welches man mit jenem vergleichen kann, das die Seeleute anwenden, um sich mit einer Schiffswinde auf dem Anker fortzuziehen.

Man verdankt Hrn. Brunton ein sinnreiches System, welches die Kraft des Dampfes auf Hebel oder künstliche Füße wirken läßt, durch welche der Dampfwagen auf der Straße getrieben wird, wie ein Schubkarren fortgestoßen wird durch den Arbeiter der ihn leitet.

Wir haben, Taf. XIII, Fig. 5 und 6, zwei lothrechte Ansichten von einem Dampfwagen vorgestellt, der gebraucht wird auf der Eisenbahn in Killingsworth in Großbrittannien.

Man sieht den großen Cylinder, als Umgebung des Kessels, der einen kleinen, *c*, enthält, in welchem man das Feuer anzündet, wie gesagt worden ist, Seite 358.

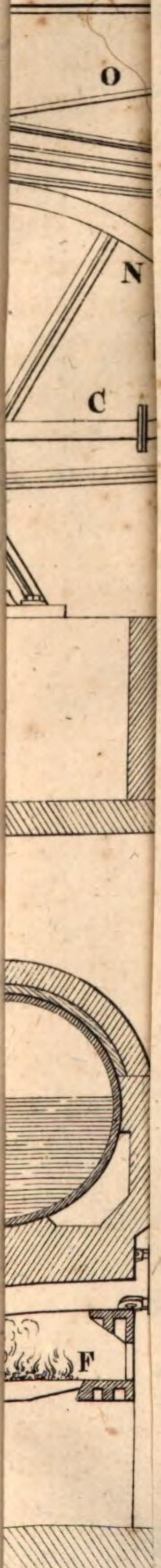
Die Cylinder A, B, sind eingefügt in den Kessel, durch welchen sie gehn bis nach A′, B′, wo sie auf dem Bodenbrette des Wagens festgeschraubt sind. Die Stämpelstangen sind oben an querliegende Hebel LL, L′ L′ befestigt; an diese Hebel sind Verbindungsstangen X, X, angebracht, welche die vier Räder des Wagens umdrehen vermittelst eines Zapfens, der in einer von den Speichen jedes Rades eingefügt ist, und in einem Zapfenloch unten in der Verbindungsstange herumläuft. Man sieht in T, T′, Fig. 5, zwei Richtstangen, um die Bewegung der Stämpel zu regeln, und zu verhindern, daß die Verbindungsstangen sie in ihrem lothrechten Hube stören. Ein Spiel von Schiebern, denen ähnlich, die wir schon beschrieben haben, macht abwechselnd den Dampf über und unter jeden Stämpel strömen. Man sieht in VV die Röhre, welche zur Leitung des Dampfes nach dem Schornsteine dient, wo er sich zerstreuen

kann. Um den Schieber zu öffnen und zu schließen setzt ein kleines Excentricum *e*, das auf jeder Achse befestigt ist, einen gebogenen Hebel 1, 2, 3, in Bewegung, welcher der Stange 4 eine Hin- und Herbewegung giebt, und folglich eine schwingende umdrehende Bewegung dem kleinen Hebel 5, 6, um das Dampfventil zu öffnen und zu schließen.

F, Fig. 5, kleine Druckpumpe zur Speisung des Kessels. U, Fig. 6, Wagen, der das zur Maschine nöthige Wasser und Brennmaterial trägt; V', Anhängkette der Wägen, welche die Maschine zieht. Die Fig. 7 stellt einen von den Wägen vor; man sieht daran eine Presse mit dem großen Hebelarm, der dazu dient, sie bei den Hinabfahrten in Wirksamkeit zu setzen. Z, Fig. 6, Kette ohne Ende, die eingreift in zwei Getriebe, welche an den Achsen befestigt sind, damit die Verbindungsstangen eine beziehungsweise, beständig gleiche, Bewegung haben.

Fig. 1, Manometer, von welchem wir in der dreizehnten Vorlesung gesprochen haben.

UND H



NSTE

Fünfzehnte Vorlesung.

Dampfschiffe; Messung der Arbeit der Dampfmaschinen.

Eine der wichtigsten Anwendungen der Dampfmaschinen ist die, welche man auf die Schifffahrt gemacht hat. Wir wollen über diesen Gegenstand das Wesentlichste mittheilen aus unserm Bericht an die Akademie der Wissenschaften über die kostbare Denkschrift, die Hr. Marestier über diese Art von Schifffahrt verfaßt hat. Wir werden technische Erläuterungen beifügen, die nicht schicklich in jenen Bericht hätten aufgenommen werden können, und die doch in unserm Kurs eine Stelle finden müssen.

Man weiß, wie langsam das Schiffen auf Strömen und Flüssen geht, wenn man stromaufwärts fahren muß, und welche unermeßliche Kraft von Menschen und Pferden verbraucht wird bei der harten Arbeit des Anholens. Die Schifffahrt auf großen Seen und Meeren wird weniger mühsam und leichter gemacht für den Menschen durch die Wirkung der Winde und den Mechanismus der Segel; geschieht aber doch nicht ohne große Ermüdungen: sie erleidet zuweilen unübersteigliche Hemmungen während der Stürme und besonders bei Windstillen; sie ist immer langsam und mühevoll, wenn widrige Winde herrschen. So vermindern zahlreiche und mächtige Ursachen den Vortheil, den die Kraft der Winde für die Schifffahrt gewährt.

Ein Franzose, Hr. Duquet, machte zuerst einige glückliche Versuche, die Kraft des Windes durch andre mechanische Mittel zu ersetzen; Duquets Versuche fanden Statt von 1687 bis 1693 im Seehafen von Havre.

Im Jahr 1698, demselben, in welchem der Kapitän Savery, die in England durch den Marquis von Worcester verbreiteten Ideen benutzend, die Dampfmaschine kennen lehrte, reichte dieser Seemann den Vorschlag zu einem durch Schaufelräder bewegten Schiff ein: ein Mittel, das ein Jahrhundert nachher mit so vielem Erfolg wieder sollte aufgenommen werden in der neuen Art von Schifffahrt.

Aber der Kapitän Savery hatte nicht einmal den Gedanken, als bewegende Kraft die vorzuschlagen, die er in Wirksamkeit gesetzt hatte durch seine Dampfmaschine, die nicht vollkommen genug war, um ein solches Ergebniß zu liefern.

Im Jahr 1736 glaubte Jonathan Hull, sich auf die Vervollkommnungen dieser Maschine stützend, die man Newcomen verdankte, sie auf die Bewegung von Schiffen durch Schaufelräder anwenden zu können. Er nahm ein Patent zu diesem Zweck. Er bemühte sich, aber vergeblich, die Admiralität von England für seine Plane zu interessiren; er wurde abgewiesen. Unter den Einwürfen, auf welche die abweisende Antwort der Admiralität gegründet war, las man folgenden: „Wird die Kraft der Meereswellen nicht jeden Maschinentheil in Stücke zerbrechen, den man so stellt, daß er im Wasser sich bewegen muß?“ Worauf Jonathan Hull zuerst antwortet: „Es ist unmöglich anzunehmen, daß man diese Maschine auf der See brauchen würde, während eines Sturmes, und wenn die Wellen hoch gehen.“

Was Jonathan Hull, der Erfinder der Dampfschiffe selbst, nicht glaubte, daß man es als möglich ansehn könnte, davon hat achtzig Jahre später die Erfahrung die Möglichkeit und den Nutzen bewiesen.

Dieser einzelne Umstand zeigt vollkommen den Fortschritt

der Begriffe seit der ersten Erfindung, bis zu den Erweiterungen, welche eben diese Erfindung in unsern Tagen erhalten hat.

Es scheint, Jonathan Hulls Plane seyen nie ausgeführt worden. Im Jahr 1775 erbaute unser ehmaliger College, Hr. Perier, zum erstenmal ein Dampfschiff. Dies Schiff, flott gemacht auf einem ruhigen Wasser, wäre vorwärts gegangen, aber nur mit geringer Geschwindigkeit, weil die Kraft der bewegenden Maschine nicht einmal der eines Pferdes gleich war. Mit so schwachen Mitteln konnte das Schiff nicht die Seine hinauffahren, und Hr. Perier unterließ seine Versuche.

Im Jahr 1781 war Hr. von Jouffroy glücklicher: er ließ zu Lyon ein Dampfschiff von großer Ausdehnung bauen; es war 46 Meter lang. Die Saone, ein Fluß, der sehr langsam strömt, und den deswegen schon Cäsar lentissimus Arar genannt hat, war vollkommen geeignet zu Versuchen dieser Art. Dennoch hielten Zufälle, welche das Unternehmen nicht hätten sollen aufgeben machen, die weitere Verfolgung desselben auf; die Revolution kam dazu, und Hr. von Jouffroy verließ Frankreich.

Fünfzehn oder achtzehn Jahre nach diesen ersten Versuchen erhielt Hr. Desblancs von der französischen Regierung ein Patent, um ein Dampfschiff zu bauen.

Bald nachher kam nach Paris ein Mechaniker, der großen Ruhm erlangen sollte, Fulton nämlich, der verschiedene Versuche über diesen Gegenstand anfieng bei der Schwaneninsel.

Von 1785 bis 1801 machten die HHrn. Miller von Dalwinston, Clarke und Symington in Schottland, Lord Stanhope, Bunter und Dickinson in England, auch Versuche zu Dampfschiffen, aber keiner erhielt einen entscheidenden Erfolg.

Von 1785 oder 1786 bis 1790 sieht man in Amerika die HHrn. Fitch und Rumsey die Kraft des Dampfes auf

die Schifffahrt anwenden. Ungeachtet mancher Versuche, die große Hoffnungen geben konnten, kamen sie, da sie in ihrem Vaterlande sich nicht gut aufgenommen sahen, nach Europa, um zu versuchen, ob sie ihre Erfindungen könnten annehmen machen.

Einige Jahre später, durch einen recht merkwürdigen Gegensatz, da Fulton in der Handelsschifffahrt von Frankreich weder Leichtigkeit genug, noch auch hinlänglich gewisse Vortheile fand; da er die Anerbietungen verworfen sah, die er dem ersten Consul machte, um die kleine Flotte zu bilden, die man bauen wollte um eine Landung in England zu bewerkstelligen; da er ohne Hoffnung einiges Erfolges mitten im alten Europa war, wendete er seine Blicke nach seinem jungen Vaterlande. Er beschloß, die neue Kunst, die er im Schooße Frankreichs geschaffen hatte, nach Amerika zu verpflanzen.

Er wurde in diesem Vorhaben besonders bestärkt durch Hrn. Livingston, der damals Gesandter der vereinigten Staaten bei der französischen Regierung war. Hr Livingston war selbst Urheber von zahlreichen Versuchen, Schiffe auf offener See durch die Wirkung des Dampfes in Bewegung zu setzen; er pflanzte diese Wirkung fort bald durch wagerechte Räder, bald durch Räder mit Mühlenflügeln, durch Flächen in Form von Schraubenlinien, durch Gänsefüße, durch Pagayen (eine Art Ruder der Wilden) und Ketten ohne Ende.

Die Wichtigkeit der Schifffahrt durch Dampf ward so stark gefühlt, und die Möglichkeit, die Kraft des Windes durch mechanische Mittel zu ersetzen so sehr in Amerika anerkannt, daß schon 1798 der Staat von New-York dem Hrn. Livingston ein Privilegium für zwanzig Jahre zuerkannt hatte, unter der ausdrücklichen Bedingung, daß er vor dem 20sten März 1799 ein Schiff verfertigen müßte, das vier Meilen weit in einer Stunde fahren könnte.

Hr. Livingston, durch den Gebrauch, den er von einer

fünf bis sechsmal größern Dampfmaschine machte, als die von Hrn. Perier gewesen war, erreichte ausgezeichnetere Erfolge; aber er gelangte nicht zu dem Grade von Geschwindigkeit, den der Gesetzgeber forderte, weil er eine noch zu wenig beträchtliche Kraft anwandte; Fulton hat diese Kraft mehr als verdreifacht.

Fulton beauftragte die englische Gesellschaft von Watt und Boulton, eine Dampfmaschine zu verfertigen, deren Kraft der von zwanzig Pferden gleich käme; er ließ sie nach Amerika bringen, um sie auf dem ersten Schiff aufzustellen, das er in New-York baute. Im Jahr 1807 fieng dies Schiff seine Reise an. Um die Entfernung von hundert zwanzig Meilen zurückzulegen, welche New-York von Albany trennt, brauchte es zwei und dreißig Stunden im Hinfahren, und dreißig auf der Rückfahrt.

Ein so entscheidender Versuch überzeugte alle Gemüther. Reiche Gesellschaften bildeten sich nun allenthalben, um den Bau und die Benutzung der Dampfschiffe zu unternehmen; das Einkommen einiger dieser Gesellschaften war unermeßlich, und die Vortheile, welche die vereinigten Staaten aus dieser schönen Neuerung zogen, übertrafen die kühnsten Hoffnungen.

Der Erfolg der Dampfschiffe in Amerika wurde bald in Europa bekannt. Nun sah man eine Entdeckung, die aus der alten Welt in die neue übergegangen war, dann aus der neuen in die alte, dann wieder aus der alten in die neue, zum letztenmal wiederkehren, um sich im Vaterlande der ersten Erfinder zu naturalisiren.

Im Jahr 1812 wurde zur Schifffahrt auf dem Clyde das erste Dampfschiff erbaut, das in Großbrittannien einen entschiedenen Erfolg erhielt; und schon 1816, als ich England besuchte, fand ich diese Schifffahrt blühend und sehr ausgebreitet. Ich benachrichtigte das Ministerium des Seewesens und der Kolonien von dem Zustand, auf welchen

man in Schottland schon diese Schifffahrt gebracht hatte; dort hatte ich das Glück, den berühmten Watt zu finden, und den Anfang der Versuche zu erfahren, die der Sohn dessen, der die Dampfmaschinen so sehr vervollkommnet hatte, unternahm, um auch die Anwendung dieser Maschinen auf die Schifffahrt zu vervollkommnen.

Doch waren schon 1815 in Frankreich Versuche gemacht worden; aber der Weg, den man einschlug, war schlecht, die Maschinen, welche man gebrauchte, waren unvollkommen; die örtlichen Schwierigkeiten groß. Die Versuche scheiterten, und die Handelsgesellschaften waren zu Grunde gerichtet.

So hatte die französische Regierung zugleich vor Augen das Beispiel von großen, durch übel berechnete Neuerungen herbeigeführten Unglücksfällen, die treue Schilderung der glücklichern in Großbrittannien erhaltenen Ergebnisse, und das noch glänzendere Gemälde der in Amerika erlangten Erfolge, in jenem Lande, dessen Entfernung die Uebertreibung in den Erzählungen noch mehr begünstigte, so wie den Glauben an die von den Reisenden berichteten Wunder.

Bei diesem Stande der Dinge befolgte das Ministerium des Seewesens den einzigen Weg, den die Klugheit anrieth. Es beschloß, nach den vereinigten Staaten einen geschickten und verständigen Ingenieur zu senden, der an Ort und Stelle vollständige und ins Einzelne gehende Kenntniß nehmen sollte von den in dieser Art schon gemachten Arbeiten und erhaltenen Ergebnissen. Dies war der Grund der Sendung, die Hr. Marestier so wohl erfüllt hat.

Zugleich gab das Ministerium des Seewesens dem Fregattenkapitän, Hrn. von Montgery, Befehl, sich nach den Seehäfen von Amerika zu begeben, mit dem Schiffe, das er damals befehligte, und die Dampfschiffe zu untersuchen in Hinsicht auf ihren Dienst im See- und Kriegswesen.

Es ist zu wünschen, daß Hr. von Montgery seine nütz-

lichen und scharfsinnigen Bemerkungen über die Dampfschiffe bekannt machen möge, als Fortsetzung des sehr gelehrten Werkes, das er angefangen hat über die Dampfschiffe herauszugeben.

Hr. Marestier hat viele Täuschungen zerstört; er hat in die richtigen Grenzen der Wahrscheinlichkeit und Wirklichkeit die außerordentlichen Wirkungen zurückgebracht, welche man der Schifffahrt durch Dampf in Amerika zuschrieb. Er hat Alles strengen Beobachtungen, genauen Messungen unterworfen, und nichts angenommen noch vorgelegt, das nicht glaubwürdig und zutrauenswerth wäre.

Hr. Marestier schließt nichtsdestoweniger, daß, wenn man die Dinge auf ihren wahren Werth herabsetzt, noch hinlänglich große Vortheile dem neuen Schifffahrtssystem übrig bleiben, um die Annahme desselben auf den Meeren und Strömen Europa's zu begründen, wie auf denen von Amerika, obschon mit einem beziehungsweisen Vortheil, dessen Wichtigkeit viel geringer ist. England liefert schon den Beweis davon.

Im Augenblick großer Bedürfnisse werden die größten Dienste erfunden. Nie wurde ein Grundsatz deutlicher bewährt, als durch die Erfindung der Dampfschiffe, und für das Land, welches zuerst jene Erfindung zu seinem Vortheile so nützlich werden sah.

Kurz nachdem Louisiana, von Frankreich abgetreten, der amerikanischen Union den ganzen Lauf eines der größten Ströme der neuen Welt überliefert hatte; als die Wilden, zurückgetrieben oder gebändigt, im Innern der Länder unermeßliche Länderstrecken verließen oder abtraten, die so zu sagen undurchdringlich sind auf jedem andern Wege als durch den Lauf der Ströme, die sich darin auf unermeßliche Entfernungen hin verzweigen; da erschien mit Erfolg eine Art von Schifffahrt, welche die Schnelligkeit der Wasserströmungen besiegte. Sie bedarf weder der Kraft des Windes

die entsteht und nachläßt, ohne daß der Mensch sie festhalten oder aufbewahren könnte, noch eines Leinpfades, der ungangbar wäre an den Ufern schlammichter Flüsse, die umgeben sind von meistens noch unbetretenen Wäldern.

In dem kurzen Zeitraum von fünfzehn Jahren haben sich viele Städte an Ufern gebildet, wo man kaum die Wohnungen eines kleinen Fleckens zählte; Dörfer sind um einzelne Wohnungen entstanden auf vielen Punkten, wohin die Schiffe das Leben und die Thätigkeit des Handels gebracht haben, der selbst seine Straße geändert hat zu Gunsten der alten und der neuen Völker der vereinigten Staaten.

Ein einziges mechanisches Mittel hat das Bewohnen dieser vorher öden Gegenden möglich und bequem gemacht. Dort haben sich schon neue Nationen gebildet, und dies Verbindungsmittel, das erst seit fünfzehn Jahren bekannt ist, hat schon Staaten entstehn machen, die in die Reihen der großen Verbindung von Nordamerika zugelassen worden sind. Das sind die Wohlthaten der Wissenschaft und des Kunstfleißes für die menschlichen Gesellschaften.

Heutzutage, wenn man von der Mündung des Mississipi abfährt, kann ein einziges Schiff diesen Fluß und den Missuri hinauffahren bis zum Flusse des gelben Steines, indem es zweitausend siebenhundert Seemeilen, oder 5.000 Kilometer (1.260 Postmeilen) zurücklegt, das heißt, indem es auf einer einzigen natürlichen Wasserströmung der vereinigten Staaten einen Raum zurücklegt, der größer ist als die Gesammtlänge der hundert fünfzig Kanäle, die auf dem Gebiete von Großbrittannien durch Menschenhände gegraben worden sind.

In mehrern Staaten der Union finden sich Steinkohlen im Ueberfluß. In gewissen Orten fahren die Schiffe, welche Reisende und Erzeugnisse des Kunstfleißes führen, in der Nähe von Bergwerken vorbei, die ihnen dieses Brennmaterial liefern müssen; mangelt dies Brennmaterial, so sind

die Ufer der schönsten Flüsse mit unermeßlichen Waldungen bedeckt, deren Holz so zu sagen keinen andern Werth hat, als den Preis für das Fällen desselben.

Ohne Zweifel, wie wir schon bemerkt haben, könnte Europa, besonders in seinem gesittetsten Theile, nicht dieselben Leichtigkeiten und Vortheile in gleichem Grade darbieten. Die Schifffahrt durch Dampf wird in der alten Welt keine so schnelle, so glückliche Veränderungen hervorbringen, wie in der neuen; weil die europäischen Nationen schon eine Menge von Fortschaffungsmitteln besitzen, die in Amerika fehlen. Aber unter vielen Umständen und an manchen besondern Orten wird das neue Fortschaffungssystem ausgezeichnete Vortheile darbieten, die zahlreich genug sind um zu verdienen, daß der Gelehrte strebe, sie mehr und mehr zu vervollkommnen durch die Theorie, angewandt auf die Erfahrung; und der Ingenieur durch die Praxis, die von der Theorie unterstützt wird.

Die ersten Schiffe, die Fulton baute, waren platt wie unsre Prahmen. Im Jahr 1813 fieng man an, die Form ihres Kieles abzurunden. Seit jener Zeit baut man alle Schiffe so, daß man die Krümmung ihres Kiels genau fortlaufend macht in der Längenrichtung und in der Quere; aber man macht sie sehr platt, damit sie wenig Wasser ziehen.

Vielleicht, sagt Hr. Marestier mit Recht, wenn der Wasserzug nicht begrenzt ist, wäre es vortheilhafter, der Form der Galeeren noch näher zu kommen, welche mehrere Jahrhunderte von Erfahrung wahrscheinlich sehr geeignet gemacht hatten zum Schiffen mit Rudern.

Länge der Schiffe.

Gewöhnlich von 35 bis zu 45 Metern, selten über 50 Meter.
Die Breite wechselt ab . . . . . von 4,5 bis auf 10 Meter.
Die Höhlung wechselt gewöhnlich ab von 2 . . auf 3.
Der Wasserzug wechselt. . . . . von 1,2 . . auf 2.

Die ersten Schiffe waren sehr schmal; sie hatten zur Breite nur das Zehntel ihrer Länge. Heutzutage beträgt diese Breite vom Viertel bis zum Fünftel der Länge. Die Vergrößerung der Breite gestattete die Länge und die Tiefe des Kieles oder des Wasserzuges zu verkleinern, ohne die Weite des Schiffes zu vermindern; und besonders ohne der Stätigkeit zu schaden, die man sogar durch dies Mittel verbessert hat, wenn man nämlich nicht zu sehr den Inhalt des Schiffes verminderte.

Endlich da für einen gleichen Wasserzug in einem breiten Schiffe die Querschnitte mehr Oberfläche haben als in einem schmalen Schiff, so ist der Theil des Schiffes, welcher das ungeheure Gewicht der Dampfmaschine und der Räder mit allem ihrem Zubehör zu tragen hat, von größerm Umfange; folglich wird er von einem größern Gewicht an Wasser getragen.

Also strebt das Schiff weniger, seine Form zu verderben durch die ungleiche Vertheilung der Gewichte, welche niederwärts wirken, und der Drückungen des Wassers, welche aufwärts entgegen wirken.

In einigen Schiffen, die zum Tragen von Waaren bestimmt sind, ist die Dampfmaschine auf dem Verdecke. In denen, welche Reisende tragen sollen, ist sie im innern Schiffsraum. Bald ist der Wellbaum der Räder mitten in der Länge des Schiffes, bald einmal weiter vom Hintertheil, als vom Vordertheil; meistentheils wechselt er ab zwischen diesen beiden Grenzen.

In den durch Maschinen mit einfachem Drucke bewegten Schiffen übersteigt selten die Spannung des Dampfes um zwei Drittel die Spannung, welche von dem bloßen Druck der Atmosphäre herrührt; das heißt, selten steigt die Höhe des Queckſilbers in einer Röhre, die an einem Ende mit dem Dampf des Kessels, und am andern mit der freien Luft in Verbindung steht, über 50 Centimeter, wenn der

mittlere Druck der Atmosphäre 76 Centimeter Barometerhöhe giebt.

Eine sehr wichtige Bemerkung, die wir schon vorher angezeigt haben ist die, daß es den Personen, die zu verschiedenen Malen Dampfschiffe zu erbauen versuchten, nicht gelang, nicht sowohl weil sie nicht den besten Mechanismus erfunden hatten, den man ersinnen kann, als weil sie sich mit einer zu unbeträchtlichen bewegenden Kraft begnügt hatten.

Man hätte vor allen Dingen fragen sollen, welches die nöthige Macht sey, um einem gegebenen Schiff eine gleichfalls gegebene Geschwindigkeit mitzutheilen. Man hätte die Verluste an Macht in Anschlag bringen sollen, die von allen Arten von Widerständen herrühren, und nach dieser Berechnung hätte man dann die Kraft der Dampfmaschine bestimmen sollen, durch welche das Schiff sollte in Bewegung gesetzt werden.

Fulton ist der erste, der solche Berechnungen unternahm, und ihm ist es gelungen. Er gieng von den Versuchen aus, welche in England durch die zur Vervollkommnung der Schiffbaukunst gestiftete Gesellschaft gemacht worden waren. Diese Versuche lieferten ihm ohne Zweifel nur annähernde Angaben; aber diese Annäherungen reichten hin um ihm zu zeigen, zwischen welchen Grenzen er sich zu halten hätte. Von nun an erlangte das Gelingen seines Unternehmens eine mathematische Gewißheit.

Wir müssen auf diese Thatsachen aufmerksam machen, weil sie zeigen, worauf das Gelingen der sinnreichsten Erfindungen beruht, und weil sie die Künstler belehren, daß es nicht hinreichend ist, mit seltenem Talente die Bestandtheile ihrer Maschinen zusammen zu setzen. Sie können nicht auf sichere Ergebnisse rechnen, wenn sie nicht ihren Gang durch die Erfahrung beleuchten, die man nachher durch Berechnungen unterstützt.

Man betrachtet Fulton als einen Mann von Genie, weil es ihm zuerst mit der Schifffahrt durch Dampf gelungen ist, und wahrscheinlich versagt man diesen Titel den meisten seiner Vorgänger auf derselben Bahn. Dennoch hatten sie fast Alles gethan, um ihm selbst den Erfolg möglich zu machen. Der eine hatte die Anwendung der Schaufelräder, der andre die der Dampfmaschinen festgesetzt. Man hatte gezeigt, daß es leicht wäre, die abwechselnde Wirkung dieser Maschine in eine umdrehende Bewegung zu verwandeln, wie sie für Schaufelräder nöthig ist. Man hatte sogar Dampfschiffe erbaut, welche, alle diese Mittel vereinigend, zwar vorwärts giengen, aber mit geringer Geschwindigkeit; es fehlte nichts mehr, als diese Geschwindigkeit zu vergrößern durch Verstärkung der bewegenden Kraft, ohne daß man zu andern mechanischen Zusammensetzungen seine Zuflucht nahm, als zu denen, welche bereits bekannt waren. Dies that, wie wir schon gesagt haben, Fulton, indem er dazu die Angaben der Erfahrung und die Mittel der Berechnung benützte. Nach dem Erfolge verschwand das ganze Verdienst seiner Vorgänger in der Meinung des Volkes. Er allein erntete die Früchte des Ruhmes, und die andern werden kaum zur Erinnerung angeführt in einigen historischen Einleitungen.

Fulton ist weit davon entfernt, seine theoretischen Untersuchungen so weit getrieben zu haben, als es hätte geschehn müssen, um das System der Schifffahrt durch Dampf bis zur Vollkommenheit zu bringen. Er hat nicht streng die Lage, die Größe und die Gestalt bestimmt, die am besten sich eignen für alle Theile, aus welchen das Holzwerk und der Mechanismus eines Dampfschiffes zusammengesetzt ist. Hr. Marestier hat seine Blicke auf diesen Gegenstand gerichtet; er hat damit angefangen, die Angaben zu sammeln, welche sich beziehen auf diese Lage, auf diese Größe, auf diese Gestalt der vornehmsten Theile für die am meisten geschätzten Dampfschiffe unter denen, die man in den vereinigten Staa-

ten gebraucht. Dann hat er aus den, von der Erfahrung gelieferten, Angaben über die Geschwindigkeit der nämlichen Schiffe mathematische Verhältnisse abgeleitet, welche als praktische Regel den Schiffbauern dienen können, die auf eine verständige Weise Dampfschiffe erbauen wollen.

Die mathematischen Gesetze, welchen sowohl der Lauf des Schiffes, als die Wirkung des Dampfes unterworfen ist nach der Erhöhung seiner Temperatur und dem von den Reibungen aller Art herrührenden Kraftverluste; diese Gesetze, sage ich, sind ohne Zweifel noch nicht genau genug bekannt, daß man hoffen könnte, völlig genaue Ergebnisse in der Berechnung der Wirkungen zu erhalten, welche von diesen Gesetzen abhängen. Es ist nicht nur mehr oder minder ausgedehnte Ungewißheit in den Zahlen der endlichen Werthe, zu welchen man gelangt; die Ungewißheit betrifft auch die Verhältnisse selbst, die man festzusetzen sucht zwischen den Größen, die man der Rechnung unterwerfen will.

Dennoch, wenn man die Erfahrung sorgfältig um Rath fragt, kann man aus ihren Angaben gewiß werden, ob die mathematischen Verhältnisse, zu welchen man durch annehmbare Hypothesen aufgestiegen ist, den wahren Ergebnissen näher kommen oder ferne bleiben, welche durch die Natur und die Versuche der Künste gegeben werden. Man erhält dann praktische Regeln, zu welchen man nie gelangt wäre, ohne eine Theorie der Annäherung. Dies ist der Geist, welcher die Ingenieure leiten muß in den Theilen ihrer Kunst, wo die Wissenschaft noch keine völlig genaue Lösungen zu geben vermag. Dies ist der Gang, den Hr. Marestier befolgt hat.

Er suchte die Verhältnisse, die bestehn müssen, oder die man wenigstens ohne Nachtheil als bestehend betrachten kann zwischen der Kraft der Dampfmaschinen, der Größe der Räder und ihrer Schaufeln, und den vornehmsten Ausdehnungen des Schiffes.

Von diesen Angaben ausgehend, die er an achtzehn Schiffen abnahm, deren Lauf er beobachtete, hat er verglichen:

1) Die gewöhnliche Spannung des Dampfes; 2) die Zahl von Umläufen, welche die Räder in einer Minute machten; 3) die Geschwindigkeit des Stämpels, welche jener Rädergeschwindigkeit entsprach; 4) das Verhältniß der Oberfläche einer Schaufel zu der eines Rechteckes, das die Breite des Schiffes zur Grundlinie, und den Wasserzug zur Höhe hätte; 5) den in einer Sekunde von der innern Kante der Schaufeln zurückgelegten Raum, eine Geschwindigkeit, die wenigstens eben so groß seyn muß, als die des Schiffes, wenn man nicht will, daß der innere Theil der Schaufeln das Wasser in einer dem Laufe des Schiffes entgegengesetzten Richtung treffe; 6) die Geschwindigkeit des Schiffs, in Metern geschätzt, während einer Sekunde, für mathematische Rechnungen, und in Knoten, während einer Stunde, zum Gebrauch der Seeleute; 7) die Zahl, durch welche man zu multipliziren hat die Geschwindigkeit des Schiffes dividirt durch die Zahl der doppelten Schwingungen des Stämpels, um den Durchmesser der Schaufeln zu erhalten; 8) den Multiplikator, welcher das Verhältniß der Geschwindigkeit des Schiffes kennen lehrt zu folgender Zahl: dem Durchmesser des Cylinders der Maschine, multiplizirt mit der Quadratwurzel des Produktes vom Raume, den der Stämpel durchläuft, und von der Höhe der Quecksilbersäule, die der Dampf trägt; und dieses Ergebniß dividirt durch die Quadratwurzel des Produktes von der Breite des Schiffes, von seinem Wasserzug, und vom Durchmesser der Schaufelräder.

Durch Berechnungen, die er in den Noten der ersten Denkschrift giebt, gelangt Hr. Marestier zu mehrern Schlüssen, die man meistens nur für annähernde Ausdrücke der wahren Gesetze halten darf, die uns unbekannt sind. Fol-

gendes ist die Angabe der annähernden Verhältnisse, zu welchen der Verfasser gelangt ist.

1. Der Kubus der Geschwindigkeit des Schiffes ist kleiner, als die Kraft der Maschine dividirt durch den Widerstand des Schiffes. Der Kubus der mittlern Geschwindigkeit der Schaufeln übersteigt diese nämliche Größe, welche die Grenze des Kubus der einen, wie der andern Geschwindigkeit ist. Sollte diese Grenze erreicht werden, so müßten die Schaufeln unendlich seyn.

2. Die Geschwindigkeit des Schiffes ist in geradem Verhältniß der Kubikwurzel von der Stärke der Maschine, und im umgekehrten Verhältnisse der Kubikwurzel des Widerstandes des Schiffes und der Größe $1 + \frac{b}{a}$; wo der Widerstand des Schiffes vorgestellt wird durch b^2 und jener der Schaufeln durch a^2.

3. Da das Verhältniß der Größe $\sqrt[3]{1 + \frac{b}{a}}$, die für ein Schiff bestimmt ist zu der ähnlichen Größe $\sqrt[3]{1 + \frac{b'}{a'}}$, die für ein andres Schiff bestimmt ist, wenig verschieden ist von der Einheit, so ist die Geschwindigkeit eines Schiffes ungefähr proportionirt zur Kubikwurzel der Stärke der Maschine, dividirt durch die Kubikwurzel des Widerstandes vom Schiffe.

4. Die Geschwindigkeit eines Schiffes ist folglich ungefähr gleich einem beständig gleichen Coeffizienten, multiplizirt mit der Kubikwurzel des Produktes....

Von der Höhe der Queckfilbersäule, die der Dampf tragen kann,

Vom Quadrate des Durchmessers des Stämpels,

Vom Hube des Stämpels,

Und von der Zahl, wie vielmal in einer Minute er sich hebt;

Dieses Produkt dividirt durch die Kubikwurzel des Produktes von der Breite des Schiffes,

Und durch seinen Wasserzug.

Dieses letztere Verhältniß führt auf den Werth, welchen wir

schon angegeben haben, als Multiplikator der einfachen Geschwindigkeit.

Dieser Multiplikator ist nicht eine beständig gleiche Zahl; er wechselt ab von 20,29 bis zu 27,65 für die Schiffe, die Hr. Marestier seinen Berechnungen unterwirft.

Die Mittelgröße aller Multiplikatoren, mit Ausnahme eines einzigen, den Hr. Marestier verwirft, weil er nicht gewiß ist über die Geschwindigkeit des betreffenden Schiffes, diese Mittelgröße, sage ich, ist gleich 23,41. Dennoch zieht Hr. Marestier die Zahl 22 vor; die Beispiele selbst aber, auf welche er diesen letztern Multiplikator anwendet, scheinen uns zu beweisen, daß es besser wäre, den ersten zu gebrauchen.

Indem er die Zahl 22 auf die Untersuchung über die Geschwindigkeit des Dampfschiffes der **Afrikaner** anwendet, das die französische Marine erbaut hat, findet Hr. Marestier eine Geschwindigkeit, die um 0,04 zu schwach ist; nimmt man 23,41, so findet man einen Werth, der nicht um zwei Prozent von der durch die Erfahrung gegebenen Geschwindigkeit verschieden ist.

Nähme man die Zahl 22 als mittlern Werth des Multiplikators an, wie es Hr. Marestier in seiner Denkschrift thut, so könnte man in mehrern Fällen vielleicht bis auf ein Zehntel die wahre Geschwindigkeit verfehlen. Dies geschieht zum Beispiel an dem Schiffe die **Virginie**, für welches eine Geschwindigkeit von $3^{Met.},3$ in der Sekunde, einen Multiplikator erfordert gleich 25,24. Dann würde 22 als Multiplikator genommen eine etwa um 15 Prozent zu schwache Geschwindigkeit geben.

Nähme man 23,41 zum Multiplikator, so würde man eine Geschwindigkeit finden, die nur um etwas weniger als 8 Prozent zu schwach wäre.

Was die zwei Schiffe der **Delaware** und die **vereinigten Staaten** betrifft, welche Multiplikatoren unter 22 geben, so müßte man wissen, ob in den Einzelnheiten ihrer Formen nichts Außerordentliches sey, welches die Verkleinerung der Multiplikatoren erklären könnte. Nun sieht man aus den Noten des Hrn. Marestier, daß eines der Schiffe sehr massive und zum Fahren nicht

sehr günstige Formen hatte; es ist wahrscheinlich, daß eine ähnliche Ursache für das andre Schiff vorhanden ist.

Es ist wichtig zu bemerken, daß der von Hrn. Marestier gesuchte Multiplikator abhängt von der Güte der Dampfmaschine, von dem mehr oder minder gut verfertigten Eingreifungszeuge für die Fortpflanzung der Bewegungen, von der Bauart des Schiffes, von den Formen selbst und den Proportionen des Kieles u. s. f. So wie man einmal die verschiedenen Theile vervollkommnet, wird, bei übrigens gleichen Umständen, der Multiplikator der Geschwindigkeit an Größe zunehmen; aber diese Zunahme selbst, sorgfältig bestätigt durch geschickte Ingenieure, wird das Fortschreiten der Kunst beweisen.

Durch eine sehr einfache Anwendung der Methode de maximis et minimis gelangte Hr. Marestier zu folgendem Schluß: die Geschwindigkeit eines Schiffes, das eine beliebige Strömung hinauffährt, muß anderthalbmal die Geschwindigkeit dieser Strömung seyn, wenn der Verbrauch von bezahlter Kraft (das heißt, der Verbrauch von Brennmaterial) der geringste mögliche seyn soll; aber fast immer ist diese Geschwindigkeit unter jener, die man erreichen soll, um die Bedürfnisse des Handels zu befriedigen, und besonders die Bedürfnisse der schnellen Fortschaffung der Reisenden.

Im Fall wo das Schiff mit anderthalbmal der Geschwindigkeit der Strömung stromaufwärts fährt, erfordert es dreimal mehr bewegende Kraft, wenn diese Kraft an Bord wirkt, sey es nun durch eine Dampfmaschine, oder durch ein Drehwerk; als wenn man sich fortzieht von einem festen Punkte aus auf dem Grund oder auf dem Ufer (1).

---

(1) Dieser Grundsatz erklärt den Vortheil, den man dabei findet, sich von festen Punkten aus fortzuziehen; ein Mittel, das man auf der Seine und der Rhone zu gebrauchen versucht.

Ist die Strömung sehr stark, und die Kraft, die man wirken läßt, an Bord, so wird es vortheilhaft hinaufzufahren indem man sich fortzieht vom Bord selbst, an einem Tau, das in irgend einem Punkte des Ufers befestigt ist. Aber man muß den Gebrauch der Schaufelräder vorziehen, die durch die innere Kraft des Schiffes bewegt werden: 1) wenn man eine Strömung hinaufzufahren hat, die nicht sehr schnell ist; 2) in allen Fällen, wenn man hinabfahren soll. Die besondern Eigenheiten dieser Wirkungsarten sind von mehrern Mechanikern erkannt worden; sie haben die erstere Art gebraucht, um unter Brücken hindurch, oder schnelle Ströme hinaufzufahren, indeß sie allgemein die letzte vorzogen, um Strömungen hinabzufahren. Die Ergebnisse, die wir so eben aufzählten, sind im Texte der Denkschrift nur angezeigt. Alle Rechnungsmethoden sind in eine Note gesetzt; durch dies Mittel hat der Verfasser seine Denkschrift den Lesern faßlicher gemacht, die nicht geübt sind in Anwendung der Analyse auf die Wirkung der Maschinen.

Er hat gleichfalls in eine Note die Rechnungen gesetzt, die nöthig sind zur annähernden Untersuchung über die Wirkung der Maschinen mit einfachem und mit hohem Druck, und der Maschinen mit unmittelbarer Umdrehung, die man gebraucht um Schiffe in Bewegung zu setzen. Er erkennt eine große Ersparung an Brennmaterialien bei dem Gebrauche der Hochdruckmaschinen, und verwirft die Furcht, welche in Europa Ursache war, daß man sie für die Schifffahrt abschaffte.

Nachdem wir das Ganze der mathematischen Ergebnisse dargelegt haben, zu welchen Hr. Marestier gelangt ist, wollen wir ihm folgen in seinen Beschreibungen der in Amerika verfertigten Dampfschiffe.

Er begleitet mit Einzelnheiten über den Bau, die Bauart und die innere Anordnung die vollkommen gut gezeichneten Pläne der Schiffe: der Kanzler Livingston, von 400

Tonnen, das bewegt wird durch eine Maschine, welche die Kraft von sechzig Pferden hat; der Fulton, ein merkwürdiges Schiff, weil es das erste ist, dessen Kiel keinen platten und wagerechten Boden hat; der Washington, die Savannah, welches drei lothrechte Maste trägt, und Reisen von New-York nach Liverpool und nach Petersburg gemacht hat, indem es abwechselnd die Kraft seiner Segel, und die seiner Maschine gebrauchte; endlich der Patagonier, von dem Verfasser bestimmt, das Muster eines Dampfschiffes abzugeben, welches Segel an zwei lothrechten Masten trägt.

Man sieht in Amerika, wie in England, Schiffe mit doppeltem Kiel, die man zum Uebersetzen über Flüsse braucht. Der weite obere Boden, der auf beiden Kielen angebracht ist, und über dem Raum, der sie trennt, und in welchem die Schaufelräder spielen, macht diese Schiffe sehr bequem für das Ueberführen der Pferde, der Fuhrwerke, des Viehes, u. s. w.; aber diese Schiffe gehn langsamer, als wenn sie nur einen zusammenhängenden Kiel hätten, dessen Weite der der beiden abgesonderten Kiele gleich wäre. Wenn sie nahe daran sind, am Ufer zu landen, so verändert man die Richtung des Spieles der Räder, und man hemmt schnell die erworbene Geschwindigkeit, vermöge welcher das Schiff an den Gestaden zerschellen würde.

In den vereinigten Staaten ersetzt man zuweilen durch ein Drehwerk mit Pferden die Dampfmaschine der Schiffe mit doppeltem Kiel. Der Verfasser beschreibt die Verbindungen von Bewegung, welche dies System nöthig macht: 1) wenn die Ebene des Drehwerkes wagerecht, 2) wenn sie schief ist. In diesem letztern Fall zieht man ohne Zweifel größern Nutzen aus der Kraft der Pferde; aber man ermüdet sie auch viel mehr. Hr. Marestier bemerkt mit Recht, daß der erste Gedanke, Schiffe durch ein Drehwerk in Bewegung zu setzen, in unserm Vaterlande gefaßt worden ist; man kann sich davon überzeugen, wenn man die Sammlung

der von der Akademie gutgeheißenen Maschinen für das Jahr 1732 nachsieht.

Der vierte Theil der ersten Denkschrift, einer der wichtigsten, ist mit der Beschreibung der Dampfmaschinen ausgefüllt, die man auf den Dampfschiffen in Amerika gebraucht.

Seit mehrern Jahren machen die Amerikaner nicht mehr anders als aus Kupfer ihre Kessel, die zu den gewöhnlichen Dampfmaschinen dienen sollen, welche man mit Meerwasser unterhält. Der Bodensatz dieses Wassers hängt sich nicht fest an das Kupfer, und dieses springt auch nicht so leicht auf als das Eisen, und ist dehnbarer. Machen die Schiffe lange Reisen, so muß man jeden Tag mehrmals frisches Wasser in den Kessel schaffen, damit kein zu reichlicher Bodensatz sich niederschlage. Man begnügt sich damit, die Schiffe deren Ueberfahrt nicht mehr als vier und zwanzig Stunden dauert, am Ende jeder Reise zu reinigen. Diese Zahl von Stunden reicht schon hin zur Bildung eines Niederschlages, dessen Dicke bis zu anderthalb Millimetern gehn kann. Da dieser Bodensatz sehr hart ist, so könnte man, sagt der Verfasser, durch Verdampfung des Seewassers in einer gewissen Temperatur, sich fehr feste Abdrücke verschaffen, die von gegebenen Formen abgenommen würden.

Die Noten zu der Denkschrift, deren Analyse wir eben dargelegt haben, enthalten Erklärungen und Beweise, die der Verfasser nicht gut fand, in den Text selbst einzurücken.

Eine erste Note handelt von den merkwürdigsten Dampfschiffen, die der Verfasser in den verschiedenen Seehäfen gesehen hat, oder auf welchen er gefahren ist. Er berichtet sorgfältig die Geschwindigkeiten, die er selbst berechnet hat, theils nach der gesammten oder theilweisen Dauer ihrer Reisen, theils auch nach der Zeit, die sie brauchten, um einen ihrer Länge gleichen Raum zurückzulegen.

Bei Gelegenheit der Schiffe des Staates New-York gibt Hr. Marestier die Schilderung der großen innern Schiff-

fahrt, an deren Vervollständigung die Amerikaner jetzt arbeiten.

New-York liegt im Hintergrund einer großen Bucht, am Ende einer mitten im Fluß Hudson gelegenen Insel. Von Albany oder New-York aus heben sechs und vierzig Schleusen die Schiffe 128 Meter hoch über den Hudson; indem sie 182 Kilometer zurücklegen, kommen sie nach Rom, fahren von da hinab in das Becken des Teneſſee, fahren wieder hinauf vermittelst fünf und zwanzig Schleusen, und gehen dann in den See Erie, 262 Kilometer weit vom Teneſſee. Dann befinden sie sich 112 Meter hoch über dem Hudson.

Verzweigungen des Kanals, die durch schiffbar gemachte Flüsse gebildet werden, führen zum See Ontario, der jetzt vom Erie getrennt ist durch den großen Wasserfall Niagara, welcher für Schiffe nicht fahrbar ist.

Das einzige Flußgebiet des Miſſiſſipi enthält eine Oberfläche gleich sechsmal der von Frankreich. Dieser Fluß, der viel Schlamm mit sich führt, hat zu morastige Ufer, und an denselben zu große Erhöhungen und Vertiefungen, als daß man dort Leinpfade anlegen könnte.

Gewöhnlich durch Ruder, und manchmal durch Anholen von festen Punkten aus an einem Tau, das vom Bord aus gezogen wird, fahren die Schiffe den Strom hinauf; sie können nicht viel mehr als um 14 bis 15 Meilen täglich vorwärts kommen, ungeachtet der großen Anzahl von Seeleuten, und ihrer Aufmerksamkeit, immer in den Theilen des Stromes zu schiffen, wo die Strömung am langsamsten fließt.

Man glaubte, die Geschwindigkeit des Miſſiſſipi betrage vierthalb Knoten, während sie eigentlich im Durchschnitte nur dritthalb Knoten beträgt. Darum verlangte man Dampfschiffe, die sehr schnell gehn sollten, um den Strom aufwärts zu fahren. Dieser Irrthum war also den Fortschritten der Kunst vortheilhaft, und bewirkte, daß man immer größere

Anstrengungen machte, um bessere, schnellergehende Schiffe zu erhalten. Schon 1811 verdiente Fulton das ausschließliche Privilegium zu erhalten, das er wirklich vom Staate Louisiana erhielt, um diesen Strom mit Dampfschiffen zu befahren.

Die in Amerika gebrauchten Schiffe haben viele Verschiedenheiten: die meisten haben zwei Räder auf den Seiten; einige haben nur ein Rad, das hinten angebracht ist, wie bei den Schiffen, die jetzt die Seine befahren.

Hr. Marestier giebt eine Liste der vornehmsten Dampfschiffe, die auf dem Mississipi und auf den Flüssen schiffen, die sich in diesen Strom ergießen; er begleitet mit erklärenden Anmerkungen den Namen jedes Schiffes über welches er sich besondre Nachrichten verschaffen konnte.

Die Abschätzung der Geschwindigkeit der Dampfschiffe, die wichtig ist um die Wirkung der Maschine zu beurtheilen, hängt von der Dauer der Reise und der Länge der Entfernungen ab. Hr. Marestier spricht über diese Entfernungen, und sucht die wahrscheinlichsten zu bestimmen, überall wo Verschiedenheiten obwalten in den von Seeleuten oder Geographen angezeigten Größen. Er giebt hernach einen Begriff von Fultons Rechnungen zur Bestimmung der Kraft des Dampfes, die auf die Schifffahrt angewandt wird.

Drei sehr merkwürdige Noten, von denen wir schon sprachen, stellen die nöthigen Untersuchungen dar für die Berechnung der Arbeit der verschiedenen Arten von Dampfmaschinen, die an Bord der Schiffe gebraucht werden.

Die neunte und letzte Note giebt die Beschreibung der verschiedenen, von den Amerikanern erfundenen, oder doch von ihnen gebrauchten Mittel, um die Wirkung der Ruder durch andre mechanische Kräfte zu ersetzen.

Ich habe in der Tafel XIV die lothrechte Entwerfung, Fig. 1, und die wagerechte, Fig. 2, des Mechanismus eines Dampfschiffes vorgestellt; man sieht dabei die Schaufel-

räder, die an der Seite des Schiffes angebracht sind, so wie die Dampfmaschine und den Kessel, die an einer der Wände des Schiffes stehen; eine ähnliche Zusammensetzung ist symmetrisch am andern Bord angebracht.

Es bleibt mir nun noch übrig, **Bemerkungen über das Messen der Arbeit bei dem Gebrauche der bewegenden Kräfte** beizufügen; dieses Messen ist besonders anwendbar auf die Dampfmaschinen. Ich ziehe diese Bemerkungen aus dem Entwurf zu einem Berichte, den ich für die Akademie der Wissenschaften verfaßt habe.

Um eine Maschine in Bewegung zu setzen und eine mechanische Wirkung hervorzubringen, kann man belebte, oder leblose Beweger gebrauchen: Menschen, Pferde, Ochsen, u. s. w.; oder die Kraft des Wassers, des Windes, des Wasserdampfes, u. s. w.

Diese Kräfte können verschieden seyn an Geschwindigkeit und Gewalt; auf eine unterbrochne oder beständig fortdauernde Weise wirken: sie werden darum nicht weniger vergleichbar seyn in ihren Wirkungen, und man wird irgend eine beliebige unter diesen Kräften als Vergleichungspunkt annehmen können in Beziehung auf alle anderen.

Die Mechaniker haben zum Vergleichungspunkte, zur Maßeinheit das Gewicht genommen, das ein Pferd in einem Arbeitstag, oder in einem Theil eines Arbeitstages heben könnte, wenn die wagerechte Zugkraft ohne Verlust in eine lothrechte Kraft könnte umgewandelt werden: aus folgendem Grunde wurde dieser Gebrauch eingeführt:

Die meisten Maschinen mit Drehwerken wurden durch Pferde bewegt, als man die Kraft dieser Thiere durch die des Dampfes ersetzte. Da jeder Fabrikant so viel möglich alle seine Maschinen benutzen, und nur das Drehwerk ändern wollte, so mußte er eine Dampfmaschine verlangen, welche die Arbeit von 2, 3, 4.... Pferden verrichten könnte. Daher entstand der von den Erbauern der Dampfmaschinen be-

folgte Gebrauch, sie durch die Kraft der Anzahl von Pferden zu bezeichnen, deren Arbeit in einer gegebenen Zeit sie vorstellten.

Die Kraft, so wie die Geschwindigkeit der Pferde sind außerordentlich verschieden, je nach der Größe, dem Gewicht, dem Körperbau und der Gattung, zu der jedes von diesen Thieren gehört. Der Unterschied kann wenigstens von eins bis drei gehn, sowohl für die Masse der getragenen oder gezogenen Gewichte, als für die Geschwindigkeit des Ganges oder Laufes, zwischen Pferden von gleichem Alter, aber von verschiedener Gattung. Setzen wir hinzu, daß die mehr oder minder fortgesetzte, wohl oder übel verstandene Sorgfalt, die Wahl und Menge der Nahrung andre Ursachen der Verschiedenheit sind, die man bemerkt in der Thätigkeitsgröße, welche ein Pferd hervorbringen kann, und in der mittlern Geschwindigkeit, die es annehmen kann, wenn es eine gegebene Zeit hindurch arbeitet.

Die erste aus diesen großen Unterschieden zu ziehende Folgerung ist wohl die, daß unter allen Größen der Bewegung, wie unter allen Geschwindigkeiten, die am wenigsten zur Maßeinheit geeignete diejenige ist, die ein Pferd liefern kann.

In der That, wenn man bei Uebereinkünften zwischen Erbauern von Maschinen und Privatpersonen nicht redlich zu Werke gieng, so stellten die Fabrikanten von Maschinen die, welche sie verkaufen wollten vor, als hätten sie eine wenigstens eben so große Kraft als die von den besten Baumeistern und würden durch die nämliche Anzahl von Pferden bezeichnet. Wenn sie aber diese Maschinen nun lieferten, so begnügten sie sich damit, zu beweisen, sie könnten eine tägliche Arbeit verrichten gleich jener der mittelmäßigsten Pferde an einem Drehwerk. Ein solches Mittel des Betruges, das mehr als einmal gebraucht wurde, veranlaßte Prozesse, und in vielen Umständen wagten die Gerichte nicht zu entscheiden, daß der Fabrikant seine Verbindlichkeiten nicht erfüllt hätte,

obschon Alles anzeigte, daß er gegen den Manufakturherrn das Versprechen nicht hielt, das er geleistet, und so wie es der Käufer verstanden hatte. Das Vorhandenseyn solcher wichtigen Unannehmlichkeiten erforderte sogar mehrmals die schiedsrichterliche Entscheidung mehrerer Mitglieder der Akademie.

In Folge von Versuchen, die durch Hrn. von Prony angestellt wurden, um mit Genauigkeit die Kraft der Dampfmaschinen zu messen, machte er den förmlichen Vorschlag zu einer Maßeinheit, welche die Akademie der Regierung vorlegen sollte. Eine schon vorher ernannte Commission zur Auffindung von Sicherheitsmaßregeln, welche der Gebrauch von Dampfmaschinen mit hohem Druck nöthig machen könnte, und deren Mitglieder waren die HHrn. von Laplace, von Prony, Girard, Ampere, und Karl Dupin, Berichterstatter, hatte gleichfalls die Nothwendigkeit fühlbar gemacht, ein Maß dieser Art festzusetzen. Jener Bericht ist angeführt auf der 341sten Seite dieses Bandes.

Eben in diesem Augenblicke richtet der Hr. Präfekt des Seine-Departements an die Regierung eine Denkschrift, in welcher er auf der Nothwendigkeit besteht, eine offizielle Maßeinheit für die Kraft der Dampfmaschinen festzusetzen.

Die Umständlichkeiten, in welche wir so eben eingiengen, scheinen zu beweisen, daß eine solche Maßeinheit wirklich eine von denen ist, deren Festsetzung durch die Regierung die Sicherheit des Gewerbfleißes und des Handels unumgänglich erheischt.

Einige Personen haben jedoch gegen die Festsetzung einer solchen Maßeinheit Einwendungen gemacht, deren Untersuchung unsre Pflicht uns gebietet. Zuerst hat man behauptet, eine solche Einheit wäre nicht nöthig, und es würde hinreichen, für jeden einzelnen Fall in metrischen Maßen das Gewicht anzuzeigen, das die bewegende Kraft jeder Maschine in einer gegebenen Zeit haben könnte. Ohne Zwei-

fel kann ein solcher Ausdruck dem Geometer genügen; aber er hat nicht die Eigenschaften, die ihn in der Kunst gebräuchlich machen könnten. Es ist eine sehr zusammengesetzte Idee für die Künstler, um die einer Anzahl von Kubikmetern, die durch viele Zahlzeichen ausgedrückt sind, und um das Produkt dieser Zahl, wenn man sie mit einer gegebenen Zeit multiplizirt, um sich klar die Kraft einer Maschine und die Verhältnisse verschiedener Abschätzungen dieser Art vorzustellen. In Beziehung auf Maße, die keine Zusammensetzung erforderten, hat man sich nicht einen Augenblick bedacht, besondere Benennungen zu schaffen; zum Beispiel für den Kubikmeter, den man Stere hieß; für den Kubik-Decimeter, den man Liter nannte. Bemerken wir auch noch, daß bei dem Einwurf, wie man ihn gemacht hat gegen eine Maßeinheit der bewegenden Kräfte, man sich auch hätte enthalten sollen, der Maßeinheit der Gewichte einen Namen zu geben; man hätte sich begnügen müssen, überall das Gewicht eines Kubik-Centimeters Wasser an die Stelle des Gramms, und das Gewicht eines Kubik-Decimeters an die Stelle des Kilogramms zu setzen, wobei man nur überall den Begriff des spezifischen Gewichtes hätte beifügen müssen. Es ist jedoch leicht zu sehn, daß wenn die gleiche Zahl eine gewisse Menge von Kilogrammen und Kubik-Decimetern Wasser ausdrücken kann, sie dann in Kilogrammen anzuzeigen, einen unmittelbaren Begriff von Gewicht giebt, der für den Gebrauch im Leben und für die Künste viel klarer ist, als der zusammengesetzte Begriff vom Gewicht einer gewissen, in einen gewissen Umfang unter einer gewissen Temperatur eingeschlossenen Flüssigkeit. Dieser Grund paßt mit noch mehr Richtigkeit auf ein Gewicht, das in einer gewissen Zeit zu einer gewissen Höhe gehoben werden soll. Das sind drei verschiedene einzelne Begriffe: der Umfang, der zurückgelegte Raum und die verflossene Zeit. Schien es also schicklich, für ein einfaches Gewicht eine besondre Be-

nennung zu schaffen, so muß man noch viel eher es schicklich finden, eine besondre Benennung der Arbeitseinheit zu geben, welche zusammengesetzt ist aus einem gewissen Gewicht, zu einer gewissen Höhe in einer bestimmten Zeit gehoben. Eine beliebige Zahl solcher Einheiten wird vorgestellt werden durch dieselben Zahlen, so lang die Summe der Arbeit die nämliche seyn wird, obschon die Geschwindigkeit sich ändern kann im umgekehrten Verhältnisse des Gewichtes.

Wir wollen nun untersuchen, ob bei der Bestimmung der Arbeitseinheit, wir jene Einheit auf die Dauer eines Tages beziehen sollen, oder nur auf die eines Theiles vom Tage, einer Sekunde zum Beispiel: schon haben wir gesehn, durch welche zusammengesetzte Betrachtungen gewisse Praktiker dazu gelangen.

Ohne Zweifel, wenn man die Arbeit der Maschinen auf die Sekunde, als Zeiteinheit genommen, bezöge, würde man sich eine größere Leichtigkeit verschaffen um die Rechnungen zu vergleichen, worin man die Geschwindigkeit der Beweger in Anschlag brächte, besonders wenn man bemerkt, daß die von der Schwere herrührende Geschwindigkeit gewöhnlich gemessen wird durch den Raum, den ein schwerer Körper in einer Sekunde zurücklegt. Aber man muß bedenken, daß dieser Raum und die Geschwindigkeit, die er anzeigt, nicht durch eine runde Zahl in metrischen Maßen ausgedrückt werden; überdies ändert sich diese Geschwindigkeit für die vom Mittelpunkt der Erde verschieden entfernten Orte; folglich würde ein großer Theil des Vortheiles, den man erhalten möchte, nicht erreicht. Ferner kann die von der Schwere herrührende Geschwindigkeit nur angewendet werden durch Personen, welche völlig hinreichende Rechnungskenntnisse besitzen, um die nöthigen Verwandlungen einer, durch die Dauer eines Tages gegebenen Geschwindigkeit zu machen in die, welche der Dauer einer Sekunde entspricht. Ueberdies hatte sich eine andre Schwierigkeit ergeben: die alte Ein-

theilung der Zeit, welche vier und zwanzig Stunden in einem Tage zählt, sechzig Minuten in einer Stunde, sechzig Sekunden in einer Minute und so fort, ist die, welche man gewöhnlich befolgt in den Gebräuchen des Lebens, und der Gesellschaft. Die Eintheilung des Tages in zehn Stunden, der Stunde in hundert Minuten, der Minute in hundert Sekunden, wie sie die Urheber des neuen Maß- und Gewichtsystems vorgeschlagen hatten, jene Eintheilung, welche große Vortheile in den astronomischen Rechnungen darbietet, hätte ungewiß lassen müssen in der Wahl der als Zeiteinheit zu nehmenden Sekunde, bei der Bestimmung der Einheit der bewegenden Kräfte.

Man weicht diesen Nachtheilen aus, wenn man zur Zeiteinheit die Dauer eines astronomischen Tages wählt, eine Dauer, die man dann unterabtheilen kann nach dem System von Stunden, Miuuten, Sekunden, das man glaubt vorziehen zu müssen für die Gebräuche des Lebens oder der wissenschaftlichen Berechnungen.

Indem wir zur Einheit der bewegenden Kräfte die wählen, die hervorgebracht werden kann in dem Zwischenraum von einem Tage zu einem andern, durch belebte oder leblose Beweger, so befolgen wir nur das Beispiel, das uns von den berühmtesten Mechanikern gegeben wird.

So wählte zuerst Watt, um die Macht seiner Dampfmaschinen zu messen, zur Einheit die Kraft, welche hervorgebracht werden würde in vier und zwanzig Stunden von einem Pferde, das ohne anzuhalten zöge, und abgelöst würde, sobald seine tägliche Kraft erschöpft wäre.

Der gelehrte Coulomb, dem man so lichtvolle Untersuchungen verdankt über die bewegende Kraft, welche der Mensch und die Thiere liefern können, hat sich besonders damit beschäftigt, die tägliche Wirkung der lebendigen Beweger zu berechnen, indem er sie auf die Erhebung eines gewissen Gewichtes zu einer gegebenen Höhe zurück führte.

In einem diesen ersten Betrachtungen entgegengesetzten Sinne hat sich von selbst ein Einwurf dargestellt: die Arbeiten des Menschen und der Thiere können nur eine gewisse Anzahl von Stunden des Tages hindurch Statt haben; wenn man nun eine Arbeit auf vier und zwanzig Stunden berechnet, so kann man also nicht mehr die daraus hervorgehende Geschwindigkeit auf die unterbrochene Arbeit lebendiger Wesen, oder der Maschinen beziehen, deren Gebrauch nicht fortdauernd ist. In dieser Hinsicht mag Folgendes als Antwort dienen:

So oft man Maschinen von großem Werthe zu Arbeiten gebraucht, welche den Aufwand beträchtlicher Capitalien nöthig machen, finden die Manufakturherren einen sehr großen Vortheil dabei, ihre Maschinen beständig arbeiten zu lassen. Für die Dampfmaschinen finden sie noch einen größern Gewinn in dieser beständigen Arbeit; sie haben nämlich nicht nöthig, jeden Tag eine neue Menge von Hitze zu verlieren, ehe ihre Maschinen anfangen zu arbeiten, noch die größere oder geringere Zeit zu verlieren, welche zwischen dem Augenblicke verfließt, wo die Arbeiter kommen, und dem, wo die Maschine arbeiten kann. Da der natürliche Fortschritt des Gewerbfleißes eines Volkes darin besteht, immer vollkommnere Maschinen zu gebrauchen, immer wachsende Capitalien zu benutzen und ihnen alle zu wünschende Wirksamkeit zu geben, so folgt daraus, daß die Werkstätten streben müssen, eine gewisse immer größere Anzahl von Stunden jeden Tag hindurch zu arbeiten, und zuletzt eine ununterbrochene Arbeit vorziehen werden. Man könnte viele Gewerbe anführen, wo schon die Arbeit ohne Unterbrechung Statt hat auf dem französischen Boden; verhältnißmäßig ist diese Zahl viel beträchtlicher auf dem brittischen Gebiete. Sie wird bei uns wachsen, so wie unser Gewerbfleiß voranschreiten wird.

So wird die Maßeinheit, für einen vollen Tag festge-

setzt, die seyn, der alle Arbeiten sich zu nähern unaufhörlich streben werden.

Bemerken wir überdies, was die Arbeiten der Menschen und Thiere betrifft, daß sie ein gewöhnlich sehr leicht zu bestimmender aliquoter Theil der Gesammtdauer des Tages sind. Die Arbeit der Pferde, zum Beispiel, wenn man sie zum Güterverführen oder in Drehwerken gebraucht, dauert im Allgemeinen acht Stunden, das heißt den dritten Theil des Tages.

Wenn drei sich ablösende starke Pferde in vier und zwanzig Stunden die fortdauernde Arbeit Eines Pferdes darstellen, das immer munter und stäts wirksam ist, so findet man, daß diese tägliche Kraft wenigstens gleich ist 6.000 Kubikmetern Wasser, einen Meter hoch gehoben. Nähme man zur Maßeinheit 10 Kubikmeter, 10 Meter hoch gehoben, so würde sich daraus ergeben, daß die alte Krafteinheit des Pferdes, nach den französischen Mechanikern, vorgestellt werden sollte durch die Zahl 60. Also wenn man eine Dampfmaschine wollte, die im Stande wäre, nur die Arbeit von sechzehn Pferden zu verrichten, so müßte man von einer Maschine sprechen, deren Kraft ausgedrückt wäre durch 960 Einheiten. Es schien vorzüglicher, zur dynamischen Einheit ein Gewicht zu wählen gleich dem von 1.000 Kubikmetern vergleichbaren Wassers, einen Meter hoch gehoben während eines astronomischen Tages; oder, wenn man will, eines Kubikmeters von vergleichbarem Wasser, einen Kilometer hoch gehoben; da dieser Kubikmeter die Gewichteinheit ist, die man im Seewesen unter dem Namen Tonne angenommen hat.

Wir wollen **Dynam** die Einheit bewegender Kraft nennen, welche 1.000 Kubikmeter destillirten Wassers vorstellt, auf seine größte Dichtigkeit gebracht; oder 1.000 Schiffstonnen, einen Meter hoch gehoben, während eines astronomischen Tages.

Wenn man die Zeit nach der Decimaltheilung zählte, so gäbe der Dynam oder die Größe von gleichmäßig in einem Tag aufgewendeten Kräften, 1.000 Kubikmeter, einen Meter hoch gehoben, als Arbeit des ganzen Tages; einen Kubikmeter, einen Meter hoch gehoben, als Arbeit von einer Minute, und 10 Kilogramme, einen Meter hoch gehoben, als Arbeit von einer Sekunde.

Zählt man die Zeit nach der alten Eintheilung, so findet man als Arbeit in einer Sekunde verrichtet den 86.400sten Theil des Dynams, oder 11,574 Kilogr. einen Meter hoch in einer Sekunde gehoben.

In den annähernden Berechnungen des Kunstfleißes könnte man sich damit begnügen, die tägliche Arbeit des Dynams vorzustellen durch 11,6 Kilogr., einen Meter hoch in einer gewöhnlichen Sekunde gehoben. Diese Zahl wäre genau dieselbe bis etwa auf zwei Tausendstel; eine Annäherung, die viel vorzüglicher ist als jene, welche es möglich wäre zu erhalten in den mit größter Genauigkeit erbauten Maschinen.

Einige Zusammenstellungen, die wir darlegen wollen, werden zeigen, mit welcher Leichtigkeit die Maßeinheit der täglichen Arbeit, wie wir sie vorschlagen, den Ausdruck der Arbeit der Menschen und Pferde geben wird.

Nach Coulomb's Versuchen kann die tägliche Arbeit eines Mannes von gewöhnlicher Kraft geschätzt werden auf 50 Tonnen, einen Meter hoch gehoben; dies ist der zwanzigste Theil des Dynams oder der Einheit. Folglich, wenn eine beliebige bewegende Maschine die Kraft eines Dynams hat, so wird sie die tägliche Arbeit von zwanzig Menschen vorstellen, die zum Heben von Lasten gebraucht werden.

Zwölf Reihen von offiziell dem englischen Parlamente vorgelegten Versuchen über die Arbeit der Gefangenen, die man zum Umdrehen von Stufenrädern gebraucht, machten es einem von uns möglich, die mittlere Thätigkeitsgröße der Menschen zu berechnen, welche dieser Art von Arbeiten un=

terworfen sind; sie beträgt 200 Tonnen, einen Meter hoch gehoben: dies ist der fünfte Theil des Dynams. Folglich, wenn eine Maschine die Kraft eines Dynams hat, so können wir sagen, sie sei gleich der Arbeit von fünf Menschen, die man zum Steigen auf der Kreislinie eines Stufenrades braucht.

Nach Versuchen, die Hr. von Prony anführt, bringen freie Arbeiter, die in Treträdern gehn, eine tägliche Thätigkeitsgröße hervor, die sehr nahe an 250 Tonnen, einen Meter hoch gehoben, beträgt; also ist die Kraft eines Dynams gleich der von vier freien Arbeitern, die man in Treträdern gebraucht.

Wendet man diese Zusammenstellungen an auf zwei andre Arten, die menschliche Kraft zu gebrauchen, so wird man sehn, daß eine bewegende Maschine, welche die Kraft eines Dynams hat, dieselbe tägliche Arbeit verrichten kann, wie 14 Menschen, die am Rammblock ziehen, um Pfähle einzuschlagen, und wie 8 Menschen, die eine Kurbel drehen.

Diese den praktischen Mechanikern vorgelegten Zusammenstellungen werden einen großen Vortheil bringen; sie werden sie überzeugen wie äußerst wichtig es ist, die verschiedenen Arten des Gebrauches der Kraft des Menschen zu vergleichen, und wie äußerst verschieden die Ergebnisse sind, die man erhält, nach dem Vorzuge, den man diesen verschiedenen Arten giebt. Einmal aufgeklärt über diesen Punkt, werden sie in allen Fällen den vortheilhaftesten Arten nahe zu kommen suchen. Durch den Gebrauch dieser Arten werden sie mit einer nämlichen Anzahl von Menschen die größte Menge von nützlicher Arbeit hervorzubringen im Stande seyn. Aehnliche Betrachtungen werden sich eben so anwenden lassen auf den verständigen Gebrauch der Kraft der Thiere.

Vergleichen wir nun die von Pferden verrichtete Arbeit mit der dynamischen Einheit, wie wir sie vorschlagen. Ein Pferd von sehr gewöhnlicher Kraft kann einen Zug von 60 Kilogrammen ausüben, indem es in der Sekunde $1^{\text{Met.}},20$ zurücklegt, und kann diese Arbeit 8 Stunden des

Tages aushalten. Man findet dann, daß die Gesammtgröße seiner täglichen Wirkung ein Gewicht vorstellt von 2.093.600 Kilogrammen, einen Meter hoch gehoben. Dies ist folglich, bis auf $\frac{1}{28}$, eine bewegende Kraft gleich zwei Dynamen. In Frankreich nehmen die Maschinenerbauer eine fast dreifache Einheit für eine Arbeit von dreifacher Dauer. Sie nehmen an, ein Pferd könne einen Zug von 140 Pfunden ausüben mit einer Geschwindigkeit von 200 Fuß in einer Minute, und daß dies bloß eingebildete Pferd 24 Stunden des Tages arbeite. Dann finden sie als Gesammtgröße der verrichteten Arbeit 5984 Tonnen, einen Meter hoch gehoben; dies ist, wie man sieht, bis auf weniger als $\frac{1}{2}$ Prozent sechs Dyname. Folglich wenn man die Maßeinheit annähme, die mehrere französische Mechaniker gebraucht haben um die Kraft ihrer Dampfmaschinen zu berechnen, so müßte man sagen: Wenn man durch 6 die Zahl von Dynamen dividirt, welche die Kraft einer Maschine ausdrückt, so findet man die Zahl von eingebildeten Pferden, welche gleich ist der täglichen, ununterbrochenen Arbeit dieser Maschine; und umgekehrt, so oft ein Manufakturherr eine Dampfmaschine will erbauen lassen, welche die fortdauernde Kraft einer gewissen Zahl von Pferden haben soll, so muß er mit 6 diese Zahl von Pferden multipliziren, und man wird die Zahl von Dynamen finden, welche die Macht dieser Maschine ausdrückt.

James Watt hat eine erste Einheit etwas höher als die französischen Mechaniker angenommen. Diese Einheit stellt als tägliche und ununterbrochene Arbeit eines Pferdes vor 6.360 Kilogramme, einen Meter hoch gehoben. Folglich wird die tägliche und fortdauernde Kraft des Pferdes, die zur Maßeinheit von Watts Maschinen genommen wird, vorgestellt durch 6 Dyname und $\frac{1}{3}$, wobei man einen Bruch fallen läßt, der nicht 3 für tausend beträgt, und der folglich

weit unter den unvermeidlichen Ungleichheiten ist, welche die mit der größten Genauigkeit erbauten Maschinen darstellen. Wir meinen es wäre nützlich, wenn man im Handel und im Gewerbfleiß als offizielle Kraft des Pferdes, das man sich 24 Stunden mit seiner ganzen Kraft arbeitend vorstellt, den Werth von 6 Dynamen festsetzte, weil dieser leicht zu behalten ist, und überdies man die Berechnung französischen Gelehrten verdankt.

Watt nahm hernach eine andre Einheit, gleich 7.300 Kubikmetern, einen Meter hoch gehoben; sie ist um einen Dynam größer als die vorher bemerkte.

Aus den Umständlichkeiten, in die wir eingegangen sind, muß man sehn, daß die vornehmsten Arten von Arbeit mit sehr großer Einfachheit können vorgestellt werden durch die metrische Einheit, welche wir vorschlagen. Wenn man nicht sehr beträchtliche bewegende Kräfte messen will, so wird es leicht seyn, den Kubikmeter als Einheit zu nehmen, einen Meter hoch gehoben. Dann kann man sich einer tausendmal kleinern Einheit, als die erstere ist, bedienen, und man könnte sie Subdynam oder Millidynam nennen. Dieser Gebrauch zweier ähnlicher Maße wird die nämlichen Vortheile bringen, wie jener der Tonne für die Schiffsmaße, und des Kilogramms, welcher der tausendste Theil davon ist, für die gewöhnlichen Abwägungen.

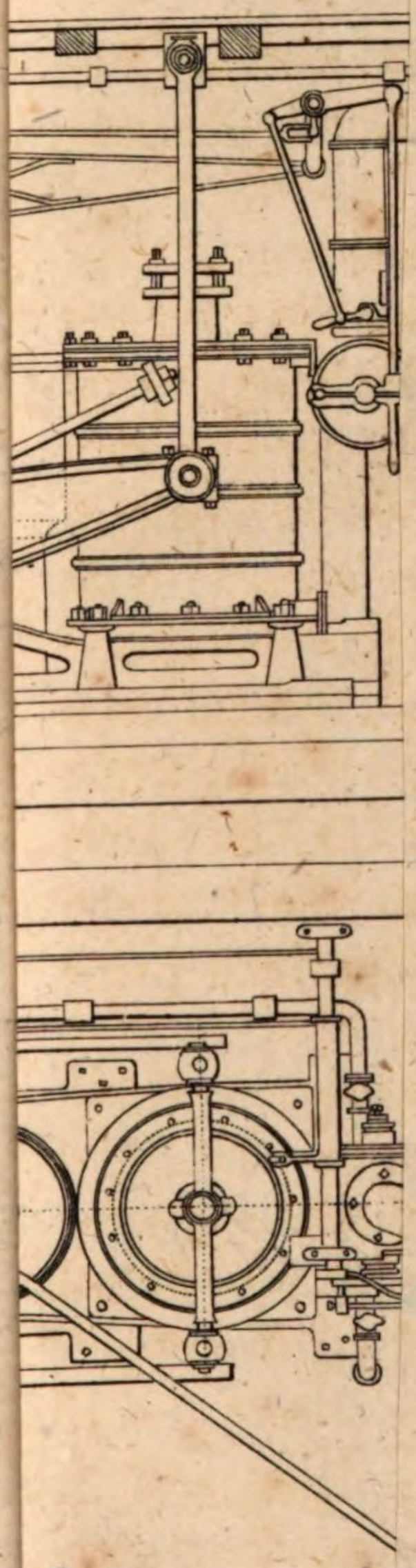
Wir wollen diesen Band endigen mit der allgemeinen Liste der Städte im Innern, für welche die Central- oder Lokalbehörde Kurse eingerichtet hat über die auf Künste angewandte Geometrie und Mechanik. Einige Professoren sind noch nicht ernannt. Viele andre Städte schicken sich an, dem Beispiele derer zu folgen, die wir hier anführen. (1)

---

(1) Wenn wir die zweite Ausgabe unsers Kurses herausgeben, so werden wir sie bekannt machen, und eine allgemeine Uebersicht von der Verbreitung des neuen Lehrzweiges in Frankreichs Städten mittheilen.

UND HANDWE

Fig. 1.



.2.

Namen der Departemente.	der Städte.	der Professoren.
Ain	Bourg	Pelloux.
	Nantua	=
Aisne	St. Quentin	Héré.
Alpen (Ober=)	Gap	Janson.
Ardennen	Mezieres	=
	Sedan	=
Rhonemündungen	Aix	Dumonteil.
Cantal	Aurillac	Wendeling.
Charente	Angouleme	Lescalier, Sohn.
Goldhügel	Dijon	Quirin.
Drome	Valence	Papy.
Eure	Evreux	Levesque.
	Louviers	=
Gard	Nimes	=
Herault	Montpellier	Bros de Puechredon.
	Lunel	Cuche.
Garonne (Ober=)	Toulouse	Vitry.
Ille und Vilaine	Rennes	Legrand.
Indre und Loire	Tours	=
Jura	Salins	Bourgeois.
Loire	Saint=Etienne	Blavier.
Loiret	Orleans	Lacave.
Manche	Saint=Lo	=
Mosel	Metz	Poncelet.
	Ebendaselbst	Bergery.
	Ebendaselbst	Lemoine.
Nievre	Nevers	Boucaumont.
	Ebendaselbst	Morin.
Nord	Douai	Genoux.
Oise	Liancourt	=

Namen der Departemente.	der Städte.	der Professoren.
Pas de Calais.....	Arras.....	=
Puy de Dome.....	Clermont-Ferrand.	Darlay.
Rhein (Nieder-)...	Straßburg.....	Finck.
Rhein (Ober-)....	Colmar.....	Löillet.
	Mühlhausen.....	Mainbourg.
Rhone.....	Lyon.....	Prevost.
Seine.....	Paris.....	K. Dupin.
	Ebendaselbst.....	Dubrunfault.
	Ebendaselbst.....	Didiez.
	Ebendaselbst.....	Thieberge.
	Ebendaselbst.....	Boutereau.
Seine (Nieder-)..	Elböuf.....	=
Seine und Marne..	Versailles.....	Lacroix.
Somme.....	Amiens.....	=
Tarn.....	Alby.....	Der Prof. d. College.
Tarn und Garonne.	Montauban.....	Bergis.
Vaucluse.....	Avignon.....	Barthe.
Vienne.....	Poitiers.....	Miet.
Vienne (Ober-)...	Limoges.....	Lassimonne.
Yonne.....	Tonnerre.....	Gourré.

Inhaltsregister.

Seiten.

Rundschreiben Sr. Exc. des Ministers des Seewesens und der Colonien, an die Hrn. Commandanten, Intendanten und Oberkommissäre des Seewesens, befehlend, daß der Normalkurs über die auf Künste angewandte Geometrie und Mechanik in allen Seehäfen Frankreichs gelesen werde. V

Auszug aus dem Bericht an Se. Majestät über das Budget des Seewesens vom Jahr 1826, von Sr. Exc. dem Minister des Seewesens und der Colonien, in Beziehung auf den Fortschritt der in den Seehäfen von Frankreich eröffneten Kurse über Geometrie und Mechanik. VII

Verbreitung des Unterrichts über die auf Künste angewandte Geometrie und Mechanik im Innern von Frankreich. id.

Erste Vorlesung: Aufzählung der industriellen Kräfte; Kraft des Menschen; Leitung, die sie dem Gesichtssinne verdankt. 1

Kraft des Menschen; der Theil davon, der den Verstand betrifft. id.

Von der Vervollkommnung unsrer Sinne. 3

Durch welche Mittel die schönen, die freien und die mechanischen Künste die Vollkommenheit unsrer Sinne vermehrt haben. 4

Aufzählung der Werkzeuge, welche die Kraft oder die Feinheit des Gesichtssinnes vermehren. id.

Vom Gehörsinn. 6

Vom Gefühlssinn. 7

Vom Geruchs- und Geschmackssinn. 8

Vom Gesichtssinn, als Maßwerkzeug betrachtet: 10

1) Für Gleichheitsverhältnisse; 2) für beliebige Verhältnisse. 11

Anwendung auf die Zeichenkunst. 12

Seiten.

Anwendung auf die allgemeine Kunst, Lehrlinge in den verschiedenen Zweigen des Gewerbfleißes zu bilden. 13

Von der Ausdehnung der Gegenstände, in der Einbildungskraft aufbewahrt, als einem Ergebniß von der Vervollkommnung des Gesichtssinnes. 14

Anwendung auf den Gewerbfleiß. 16

Wie der Gesichtssinn die Verhältnisse der Größe der Dinge und der Entfernung mißt, die sie von unserm Auge trennt. 17

Anwendung auf die graphischen Künste. 18

Optische Täuschungen. id.

Wie der Verstand und der Gesichtssinn einander Hilfe leisten. id.

Von der Perspective. 21

Anwendung auf die Theaterdekoration. id.

Kunst die Entfernungen zu messen ungeachtet der optischen Täuschungen; Anwendungen auf den Krieg und das Seewesen. id.

Wie durch den Fortschritt der Bildung sich der Gesichtssinn bei einem ganzen Volke vervollkommnet. 23

Wie diese Wirkung hervorgebracht wird besonders bei den jungen Künstlern, die wir nach Italien schicken, um sich in der Maler=, Bildhauer= und Baukunst zu bilden. id.

Gegenseitiger Einfluß des Publikums auf große Künstler, und dieser auf das Publikum. 24

Wie es dem Gesichtssinne gelinge, uns das Maß der Bewegung zu geben, 26

Und folglich das Maß der Zeit. id.

Vortheil eines genauen Maßes der Zeit für den Kunstfleiß. 28

Wie der Gesichtssinn uns als Messungswerkzeug in Hinsicht der Farben dienen kann. 30

Zweite Vorlesung: Vom Gehörsinn als Maßwerkzeug betrachtet, und von der Leitung die durch ihn den Kräften des Menschen gegeben werden kann. 31

Das Gehör dient zum Messen der Dauer, Stärke, Höhe und Tiefe der Töne. id.

Erziehung des Gehörsinns in den kriegerischen Uebungen, und daraus entstehende Vortheile. 32

Vortheil des Taktes bei vielen Bewegungen in den bürgerlichen Künsten. 33

Seiten.

Natürliche, von Kindheit an geäußerte Anlage für periodische Bewegungen. 34

Wirkungen der periodischen Toneindrücke auf die Sinnenwerkzeuge des Menschen, 35

Auf die Sinnenwerkzeuge der Thiere. 37

Wirkungen, welche die größere oder geringere Stärke der Töne hervorbringt, die dem Gehörsinne möglich machen, die Entfernung unsers Ohres von den tönenden Körpern zu messen. id.

Von den allmälig zu- oder abnehmenden Toneindrücken, und ihren Wirkungen in der Musik, Deklamation, u. s. f. 38

Von der Abwechslung der Töne, die der Musik besonders eigen ist. 39

Wie der Gehörsinn mehr oder minder zur Musik geeignet ist nach den Himmelsstrichen, und je nachdem er mehr oder weniger oft und verständig geübt wird. 40

Fortschritte, die daraus entstehen in der Sprache der verschiedenen Völker. 41

Beispiel von der lateinischen Sprache hergenommen. 42

Dasselbe von der französischen Sprache. id.

Von dem Fortschritte der Deklamation; Kraft der Aufmerksamkeit und Fortschritte des Blinden in der Vervollkommnung des Gehörsinns als Maßwerkzeug betrachtet. 44

Von den Täuschungen, denen der Gehörsinn ausgesetzt ist, und den Mitteln sich davor zu schützen. 45

Von der Sprache, die dem Gewerbfleiße ziemt. 46

Vom Stillschweigen in den bürgerlichen Werkstätten. 47

Vom Stillschweigen bei kriegerischen Uebungen. 48

Einfluß des Gesanges auf die taktmäßigen Arbeiten. 49

Eigenschaften des Gesanges und der Musik bei mehr oder minder gebildeten Völkern. 50

Studium, das die Franzosen in dieser Hinsicht noch zu machen haben. 51

Allgemeine Bemerkungen über den glücklichen und mächtigen Einfluß der Vervollkommnung unsrer Sinne in Hinsicht auf die Arbeiten des Gewerbfleißes und die Wohlthaten der Gesittung. 55

Dritte Vorlesung: Physische Kräfte des Menschen. 57

Von den Zwischenräumen der Ruhe und des Schlafes zwi-

Seiten.

schen den Zeiten, die der Mensch den Arbeiten des Gewerbfleißes widmet. 57

Unterscheidung der gleichen und fortdauernden, und der abwechselnden Arbeiten. 58

Vom Gehen. id.

Alte und neuere Einheit der Reisemaße. id.

Von den verschiedenen Geschwindigkeiten des Fußgängers. 59

Wie die Erziehung die Menschen zum Gehen bildet. id.

Von den verschiedenen Arten der militärischen Schritte. 60

Vergleichung des Marsches der französischen, englischen und römischen Soldaten. id.

Vom Gang des Lastträgers, der nach jeder Fortschaffung leer zurückkommt. 62

Vom anhaltenden Gange des Hausirers mit einer gleichen Last. 63

Vergleichung der nützlichen Wirkung, die der Mensch hervorbringt, der geht unter der Last von verschiedenen Gewichten. 64

Von dem Menschen, der ohne Last und dann mit einer Last eine Treppe hinaufsteigt. 67

Von den verschiedenen Abhängen, auf welchen der Mensch hinaufgeht mit mehr oder weniger Vortheil. 69

Nützliche Wirkung des Lastträgers, der Treppen hinaufsteigt. 71

Ein Mann der, frei gehend, so hoch hinaufstiege, als er in einem Tage kommen kann, könnte zum Gegengewicht dienen, um eine viermal so große Last zu heben, als die ist, die ein Arbeiter in einem Tage hebt, der beladen den vortheilhaftesten Abhang hinaufsteigt. 72

Von der Arbeit der Menschen, die man auf Stufenräder wirken läßt. 73

Von der Arbeit des Menschen, der einen Schubkarren führt. 75
— — — — — der einen Karren zieht. 76
— — — — — der an einer Ramme zieht. id.
— — — — — der eine Kurbel dreht. 77
— — — — — der Erde umsticht. id.
— — — — — der Erde aufschaufelt. 78

Von der vortheilhaftesten Geschwindigkeit bei den Arbeiten der Menschen. 79

Von der augenblicklichen Anstrengung, zu der ein Mensch fähig ist. id.

Seiten.

Der Zweck des Kunstfleißes soll nicht seyn, aus der Thätigkeit des Menschen den größten möglichen Grad von materieller Arbeit zu ziehen, sondern so vortheilhaft als möglich alle unsre Verstandeskraft zu verbinden mit dem, was man durchaus durch körperliche Kraft verrichten muß. 80

Vierte Vorlesung: Von der Vermehrung und besten Anwendung der Kräfte des Menschen. 83

Von der gehörigen Leitung, die man den Arbeiten der Kinder geben muß. id.

Schonung, die man dabei zu beobachten hat. 84

Einfluß der Nahrung auf die Arbeiter. 85

Verbesserungen, die man bei der Nahrung der französischen Arbeiter vornehmen kann. id.

Von dem Uebermaße in Speise und Trank unter den Arbeitern. 86

Mittel, demselben vorzubeugen. id.

Vom Geiste der Ordnung und Sparsamkeit, den man den Arbeitern einflößen muß. id.

Berechnung der Gewinne, die für den Kunstfleiß und die Arbeiter selbst entstehn, wenn diese durch eine bessere Anwendung ihrer Kräfte eine größere nützliche Wirkung liefern können. 87

Gegenseitige Vortheile der Vorsteher von Werkstätten und der Arbeiter in dieser Hinsicht. 89

Einfluß der Güte der Werkzeuge auf die Vermehrung der Arbeit der Werkleute. 90

Von dem Gewinne, den die französischen Arbeiter dabei finden würden. 91

Vortheile, welche auch die Herren von Werkstätten und Manufakturen dabei finden würden. id.

Von der Geschicklichkeit im Gebrauch der Werkzeuge; Einfluß, den die Entwicklung der Verstandeskräfte in dieser Hinsicht haben kann. 92

Von der Geschwindigkeit, die man den verschiedenen Arbeiten des Kunstfleißes zu geben hat. id.

Wie die Arbeiten des Kunstfleißes immer thätiger und schneller in ihren Bewegungen werden müssen, je beträchtlichere Capitalien sie in Thätigkeit setzen. 95

Man muß als mathematisch bewiesenen Grundsatz ansehn,

Seiten.

daß, je mehr sich der Gewerbfleiß eines Volkes vervollkommnet, desto mehr Geschwindigkeit die Arbeiten desselben erlangen müssen, um zu jeder Zeit die größte nützliche Wirkung zu erhalten. 97

Verbesserung der Arbeit durch eine verständigere Vertheilung. 98

Neue Erklärung der glücklichen Wirkungen von der Vertheilung der Arbeit. 100

Wie die Herren von Manufakturen und Werkstätten sich zu der wichtigen Kunst bilden sollen, die Arbeit wohl zu vertheilen. id.

So werden sie die Arbeiten des Menschen schneller, und ihre Verbindung mit denen der Maschinen leichter und wirksamer machen. 101

Vergleichung der Nachtheile und Vortheile einer großen Vertheilung der Arbeit, für den Verstand der gewerbsamen Volksklasse. id.

Von den Arbeiten des weiblichen Geschlechts. 105

Wie viele wichtige Verbesserungen noch in dieser Hinsicht zu machen sind. id.

Die Fortschritte des Gewerbfleißes sind der nützlichen Anwendung der Weiber, Greise und Kinder günstig, ungeachtet des Nachtheils der Mittelmäßigkeit ihrer physischen Kräfte. id.

Fünfte Vorlesung: Kräfte der Thiere. 107

Schwierigkeiten die man findet, die Thiere zu zähmen und aus wilden zu Hausthieren zu machen. id.

Von den verschiedenen Thierarten, deren Körperstärke unserm Gewerbfleiß nützlich seyn kann. 108

Die verschiedenen Arten von Diensten, die sie uns leisten können, beruhen auf ihrer physischen Organisation. Beispiel vom Pferd hergenommen. 109

Desgleichen vom Ochsen. id.

Von der durch die Pferde verrichteten Arbeit. 111

Verbesserung der Gattungen. id.

Von der durch das Sattel- und Saumroß verrichteten Arbeit. 112

Von den Zugpferden. id.

Zwei und dreißig Hausirer tragen nur die Last, die ein Güterfuhrpferd zieht. 113

Seiten.

Von den Pferden an Eilwägen. 113
Vergleichung der Preise und nützlichen Wirkungen der Güterfuhr- und Eilwagenpferde. 114
Vergleichung der Arbeit der englischen und französischen Pferde. 116
Vergleichung der Arbeit des Menschen, der Pferde und des Hornviehes in Frankreich und Großbrittannien. 117
Wichtige Folgerungen, die aus dieser Zusammenstellung fließen. 118
Annähernde Berechnung des Güterfuhrwesens in England. 119
Verbesserung der Pferdegattungen. 120
Vergleichung des Ziehens der Pferde und der Menschen. 121
Werkzeug, Dynamometer genannt, womit man die Stärke des Zuges mißt. 122
Wenn das Pferd einen Tag anhaltend arbeitet, übt es einen Zug, der von 50 bis 90 Kilogrammen abwechselt, nach der Natur der Pferde. 124
Versuche des Hrn. von Rumford über das Ziehen. 125
Vom Ziehen der Pferde bei Hinauffahrten. 127
Von der Behandlung, die man den Thieren muß angedeihen lassen. 128
Von den Wirkungen, die aus menschenfreundlicher Sorgfalt und aus roher Behandlung folgen. 129

Sechste Vorlesung; Schwerkraft, besonders betrachtet im Gleichgewichte des Druckes der Wasser. Hydraulische Presse. 133
Allgemeine Betrachtungen über die Flüssigkeiten. id.
Wirkung der Schwere auf die Flüssigkeiten. 134
Hinabfließen der Flüssigkeiten auf der Oberfläche des Bodens. id.
Von der Wasserebene der Flüssigkeiten, oder der wagerechten Ebene. 136
Von der Wasserwage. id.
Wenn eine in einem Gefäß oder beliebigen Boden eingeschlossene Flüssigkeit im Gleichgewicht ist, so liegt ihr Schwerpunkt niedriger als in jeder andern Lage, die nur sehr wenig von der Gleichgewichtslage verschieden wäre. 137
Von dem Druck, den jedes Theilchen einer flüssigen Masse erleidet. 138

Seiten.

Die Drückungen, welche die Flüssigkeiten ausüben, sind im Verhältniß zu der lothrechten Entfernung des gedrückten Theils von der obern Fläche der Flüssigkeit. 139

Anwendung auf den Bau der Wehre, Schleusenthore, Behälter, u. s. f. 140

Mit einer Flüssigkeit, die in einem oben engen Gefäß enthalten ist, kann man auf die Grundfläche einen viel größern Druck bewirken, als das Gesammtgewicht der im Gefäß enthaltenen Flüssigkeit. 141

Dies ist das Prinzip der hydrostatischen oder hydraulischen Presse. 142

Wie Pascal dies Prinzip deutlich gemacht hat. id.

Beschreibung von Bramahs hydraulischer Presse. 143

Von den verschiedenen Anwendungen der hydraulischen Presse. 147

Hydraulische Presse zum Verpacken. 148

Beschreibung der hydraulischen Presse zum Abhobeln des Holzes. id.

Siebente Vorlesung: Gleichgewicht schwimmender Körper; spezifische Schwere; Abfluß der Flüssigkeiten. 159

Bedingungen des Gleichgewichts eines auf einer Flüssigkeit schwimmenden Körpers. id.

Wie die Fische diesen Grundsatz befolgen, nachdem sie steigen, sinken, oder unter Wasser bleiben wollen. 162

Anwendung dieses Grundsatzes auf das Gleichgewicht der Schiffe. 163

Vom Kiel; von der Wasserebene und Wasserlinie. 164

Bedingungen des stätigen, unstätigen und indifferenten Gleichgewichts. 165

Vortheile dieser Theorie. 166

Von den nicht zusammendrückbaren Flüssigkeiten. 167

Wirkung der Wärme auf die Flüssigkeiten. id.

Von dem Gefrieren der Flüssigkeiten. 168

Von ihrer Verwandlung in Dampf. id.

Wie man die Masse verschiedener Körper vergleicht, die gleiches oder verschiedenes Gewicht haben. 170

Vom vergleichbaren Wasser. id.

Von den spezifischen Schweren, und Mittel sie zu bestimmen. 171

Beschreibung der hydrostatischen Wage. 173

Seiten.

Werkzeug von Nicholson. 174
Mittel die spezifischen Schweren zweier Flüssigkeiten zu bestimmen mit einem krummen Rohr, dessen Krümmung voll Queckſilber ist. 176
Areometer von Fahrenheit. 178
Vom Abfließen der Flüssigkeiten durch eine Mündung. 180
Berechnung der Geschwindigkeit der Flüssigkeiten. id.
Anwendung auf springende Wasser. 181
Von Zusammenziehung der flüssigen Ader. 182
Von der Figur der Mündungen. 183

Achte Vorlesung: Bewegende Kraft, die das Wasser liefert, das Frankreich von Natur besitzt. 185

Berechnung der Masse Regenwasser, das in einem Jahre Frankreichs Boden bedeckt. id.
Annähernde Berechnung der bewegenden Kraft, die das Abfließen dieses Regenwassers liefert, vom Punkt an, wo es den Boden erreicht, bis es in das Meer fließt. 187
Diese Kraft ist wenigstens gleich der fortdauernden Arbeit von 800.000.000 Menschen. 188
Die Arbeit aller Wassermaschinen Frankreichs ist nicht einmal der gleich, die 2.000.000 Menschen verrichten könnten. 190
Wie äußerst wichtig es wäre, Schulen zu gründen für den Bau der Wasserräder und Maschinen, in mehrern Gegenden Frankreichs, die wir sorgfältig angeben. 191
Von den Mitteln, durch die man die Masse verfügbaren Wassers für den Kunstfleiß und Ackerbau ersparen und vermehren kann. 192
Von den Wasserrinnen, die zu häuslichen Arbeiten in einzelnen Wohnungen dienen können. 193
Von der Leitung der zu Hammerwerken bestimmten Wasser. 195
Von der Geschwindigkeit fließender Wasser. id.
Berechnung dieser Geschwindigkeit. 196
Tafeln, die Hr. von Prony über diesen Gegenstand herausgab, und Theorie desselben. 197
Versuche, durch die man die Geschwindigkeit des schnellsten Strales bestimmt, in einem fließenden Wasser, das man abschätzen will. 198
Röhre, die Hr. Pitot gebrauchte um dies Maß zu erhalten. 200
Gebrauch, den man vom Dynamometer machen könnte. id.

Seiten.

Bemerkungen Hrn. Methuons über die besten Ausdehnungen, die man den für Eisenwerke bestimmten Wasserleitungskanälen geben sollte. 201

Von den Wasserbehältern, die für den Gewerbfleiß bestimmt sind. 204

Rechnungen, welche Gewerbtreibende vorher machen müssen. id.

Beschreibung des hydraulischen Widders oder Stoßhebers. 205

Neunte Vorlesung: Von den Wasserrädern. 211

Unterscheidung der Wasserräder in lothrechte und wagerechte. id.

Lothrechte Räder, oberschlächtige, unterschlächtige, und wo das Wasser von der Seite einfließt. 212

Rechnungen von Borda; Versuche von Smeaton und Bossut. id.

Ergebnisse, die Bossut erhielt über die unterschlächtigen Räder. id.

Vom Bäderich; es ist wichtig, ihn so viel man kann zu verkürzen. 213

Wie man die Wirkung des Wassers auf ein Wasserrad berechnet. 214

Größte mögliche Wirkung des unterschlächtigen Schaufelrades. 215

Es ist besser, das Wasser auf die Räder wirken zu lassen durch Druck als durch Stoß. id.

Smeatons Versuche über die Wasserräder, und Ergebnisse, die er erhält. 216

Analyse von Poncelets Versuchen, und den Vervollkommnungen, die man ihm verdankt in Hinsicht auf die Räder, wo das Wasser von der Seite einfließt. 217

Anführung der Vervollkommnungen, die man Hrn. Morosi verdankt, an den Bäderichen und den Randleisten an den Seiten der Schaufeln. 219

Gekrümmte Schaufeln, die Hr. Poncelet vorgeschlagen hat. 220

Vortheilhafteste Einrichtungen, die Schutzbretter, Schutzöffnungen und den Bäderich betreffend. 222

Von der durch Hrn. Poncelets Räder hervorgebrachten nützlichen Wirkung. 224

Beweisende Versuche, die in dieser Hinsicht angestellt wurden. 225

Tafel der durch ein Wasserrad von Hrn. Poncelet gehobenen Gewichte und gelieferten Thätigkeitsgrößen. 229

Im Großen gemachte Versuche, welche die Güte von Hrn. Poncelets System beweisen. 233

Seiten.

Vergleichung der Wirkung der Wasserräder und des hydrau-
lischen Stoßhebers. 234
Von den Wassersäulen-Maschinen. 237

Zehnte Vorlesung: Gleichgewicht der luftförmigen Flüs-
sigkeiten; Pumpen. 239
Fähigkeit der luftförmigen Flüssigkeiten, sich über tropfbare
zu erheben. id.
Anwendung auf die Wasserwage mit einer Luftblase. 240
Beweis der Schwere luftförmiger Flüssigkeiten. id.
Vom Druck, den diese Flüssigkeiten die Körper zu bewirken
zwingen, die sie umgeben. 241
Wie sie die Verdampfung tropfbarer Flüssigkeiten verhin-
dern oder hemmen. Beispiel vom Aether. id.
Vom Barometer. 242
Vergleichung des Wasser- und des Queckſilberbarometers. id.
Anwendung des Barometers zum Messen lothrechter Höhen. 243
Nach welchem Gesetz die Dicke der Schichten einer luftför-
migen Flüssigkeit, und die Dichtigkeit dieser verschiedenen
Schichten sich ändern. 244
Wichtigkeit dieser Kenntnisse für den Gewerbfleiß. 246
Wie der Druck des Luftkreises eine Maßeinheit wird für die
auf Künste angewandte Mechanik. id.
Wie zwei Gase von verschiedener spezifischer Schwere, die
man in Berührung bringt, ohne eine neue Verbindung
zu bilden, sich ins Gleichgewicht setzen. 247
Beispiel das durch die Berührung der atmosphärischen Luft
und des kohlensauern Gases gegeben wird. id.
Von der Gaswanne. 248
Gleichgewicht der in luftförmigen Flüssigkeiten schwimmen-
den Körper. id.
Anwendung auf die Aerostaten oder Luftballen. id.
Von den Pumpen. 250
Von den Pumpen, die man zum Heben von Flüssigkeiten
braucht. 251
Erklärung des Spiels der Saugpumpe. id.
Einige Einzelnheiten zur Verfertigung von Saugpumpen. 253
Von den Druckpumpen. 255
Einfache Druckpumpe. 256

Seiten.

Druckpumpe mit massivem Stämpel. 257
Saug= und Druckpumpe. 258
Saug= und Druckpumpe mit umgekehrtem Stämpel. 259
Pumpe mit Luftbehälter. 260
Von Verbindungen von Pumpenstöcken, an dieselbe Steigröhre befestigt. 261
Pumpe von Trevithick. id.
Pumpen mit doppeltem Stämpel und ihr Gebrauch auf den Schiffen. 262
Saugpumpe mit sich umdrehendem Stämpel, von Bramah erfunden. 263
Ihre Anwendung in den Feuerspritzen. id.
Von den gewöhnlichen Feuerspritzen, wie man sie in England gebraucht. 264
Luftpumpe. 266

Eilfte Vorlesung: Von der Kraft des Windes; Ventilatoren; Schifffahrt; Windmühlen. 267

Vom Nutzen, den der Gewerbfleiß aus der Kraft des Windes ziehen kann. id.
Von den Ventilatoren und ihrem Gebrauch auf Schiffen. id.
Anwendung zur Erneuerung der Luft auf dem Boden der Bergwerke und in Gefängnissen. 268
In Hospitälern. id.
Von den Gitterläden. 269
Von einem Ventilator mit Flügelchen. id.
Anwendung der Kraft des Windes auf die Schifffahrt. Unermeßliche Kraft, die sie dem brittischen Volke leiht. 270
Wie die Kraft des Windes die Schiffe vorantreibt nach verschiedenen Umständen, vermittelst Segel und Steuerruder. 271
Von den verschiedenen Fahrten: Vor dem Wind und dicht beim Wind. 272
Von der Abweichung oder dem Abfall. 273
Einfluß der Gestalt der Segel auf die Stätigkeit der Schiffe. id.
Von der großen Zahl der Segel; ihre Vortheile und Nachtheile. 274
Von dem Regieren der Segel. 275
Regelnde Kraft, die der Wind der Mechanik leiht. id.
Von den Schwungrädern. id.

Seiten.

Regelnde Kraft des Windes auf die Segel; gegen die Seitenschwankungen und das Auf- und Niederschaukeln. 276
Von den Windmühlen. id.
Von den Arbeiten, die man mit dieser Art von Maschinen verrichtet. 277
Versuche, die man anstellte, um die Kraft des Windes auf die Mühlenflügel zu bestimmen. 278
Von den Mühlen, deren Flügel um eine lothrechte, und um eine fast wagerechte Achse laufen. 279
Beschreibung einer Windmühle, die sinnreich zusammengesetzt ist um die Mühle zu richten und die Oberfläche der Segel zu vergrößern oder zu verkleinern, nachdem es die Kraft des Windes erfordert. 280
Smeatons Versuche über die Kraft des Windes und die beste Einrichtung der Segel an Windmühlen. 282
Coulombs Beobachtungen über denselben Gegenstand. 285
Coulombs Rechnungen über die von Mühlen hervorgebrachten nützlichen Wirkungen. id.

Zwölfte Vorlesung: Von der Wärme. 287

Wie die Wärme aus einem Körper in einen andern übergeht. id.
Erklärung der Einheit mitgetheilter Wärme, Therm. id.
Ausdehnung mehrerer Körper, die für den Gewerbfleiß wichtig sind. 288
Von den Thermometern. id.
Die Ausdehnung der Körper ist nicht genau im Verhältniß zum Grad der Erhöhung ihrer Temperatur. 289
Beispiel von der Ausdehnung des Wassers hergenommen. 290
Wie die Körper nacheinander die verschiedenen Zustände, den festen, flüssigen und luftartigen annehmen, und von der Wärme, die ihnen in diesen verschiedenen Zuständen eigen ist. 291
Gebundene Wärme des flüssigen Wassers. id.
Gebundene Wärme des Wasserdampfes. 292
Spezifische Wärme der verschiedenen Körper. id.
Tafel der spezifischen Wärme mehrerer für den Kunstfleiß wichtiger Körper. 293
Werkzeug, Kalorimeter genannt, mit dem man diese spezifische Wärme gemessen hat. 295

Seiten.

Hervorbringung der Wärme durch Reibung und Verbrennung. 295

Zusammensetzung der Luft aus Stickstoff, und Sauerstoff oder Nahrungsstoff der Verbrennung. id.

Tafel der Wärme, die durch das Verbrennen eines Kilogramms von verschiedenen Körpern hervorgebracht wird. 296

Menge des nöthigen Brennmaterials zum Verdampfen von 1.000 Kilogrammen Wasser in der Temperatur des schmelzenden Eises. 297

Rechnung um einen Begriff zu geben von der Zusammensetzung des Rauches, seiner Masse, und seiner Bewegung in den Schornsteinröhren. 298

Von der Erwärmung der Flüssigkeiten. 300

Von der Verwandlung des Wassers in Dampf. 301

Von der spezifischen Wärme verschiedener Gase. 302

Nach welchem Gesetze der Umfang der Gase grösser oder kleiner wird durch den Wechsel der Temperatur. 303

Umfang des Wasserdampfes unter verschiedenen Drückungen. 304

Elastische Kraft des Wasserdampfes in verschiedenen Graden der Temperatur. 305

Ausdehnungskraft des Dampfes unter einer Atmosphäre. 306

Annähernde Berechnung der mechanischen Macht des Dampfes. 307

Beispiel der Annäherung, durch Watts Maschine gegeben. 308

Von den verschiedenen Arten, den Dampf in den Maschinen zu gebrauchen. 309

Versuche Hrn. Christians über die Hervorbringung des Dampfes, bei Berechnung der Oberfläche des Kessels und der Mündung, für verschiedene Grade der Temperatur des Dampfes. 310

Andre Versuche Hrn. Christians über den Wärmeverlust, den der Dampf erleidet, wenn er durch metallene Röhren ausströmt. 316

Menge Wassers und Wasserdampfes, die in Dampfmaschinen verbraucht wird. 318

Von den einfachen und den rauchverzehrenden Oefen. id.

Dreizehnte Vorlesung: Dampfmaschinen mit einfachem Druck; Watts Maschinen. 319

Erste Dampfmaschine, durch den Marquis von Worcester erfunden. id.

Seiten.

Papins Topf oder Digestor. 319
Dampfmaschinen von Savery. id.
Newcomens Maschine. 320
Vervollkommnung dieser Maschine. 321
Nachtheile dieser Maschine. 322
Blacks Entdeckung über die gebundene Hitze führt Watt auf die großen Vervollkommnungen, die man ihm verdankt. 323
Watts Maschine. 324
Beschreibung der vollständigen Einrichtung des Kessels und seiner Zubehörden, nach Watts System. id.
Beschreibung von Watts Maschine mit einfacher Wirkung. 327
Beschreibung der Maschine mit doppelter Wirkung. 330
Vom Manometer. 337

Vierzehnte Vorlesung: Dampfmaschinen mit mittlerm und hohem Druck. 339
Woolfs Maschine. id.
Bemerkungen über die verglichenen Vortheile der Dampfmaschinen. 341
Maschinen von Hrn. Edwards. 355
Maschinen der HHrn. Aitkin und Steel. 357
Hochdruckmaschinen von Evans und Trevithick. id.
Dampfmaschinen die man an andre Orte bringen kann. 363

Fünfzehnte Vorlesung: Dampfschiffe; Berechnung der Wirkung der Dampfmaschinen. 365
Geschichte der Erfindung der Dampfschiffe. id.
Analyse der Arbeiten des Hrn. Marestier über die Dampfschiffe. 371
Erklärung der Gründe, welche zur Annahme einer Maßeinheit bestimmen sollten, die auf dem metrischen System beruht, für die Stärke der Damrfmaschinen. 387
Tafel der Städte, wo die neuen Kurse über Geometrie und Mechanik auf Künste angewandt, eröffnet sind zum Besten der gewerbfleißigen Volksklasse. 399

Ende des dritten und letzten Theiles.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Dupin, Charles,

Geometrie und Mechanik der Künste und Handwerke und der schönen Künste
Normalkurs zum Gebrauch der Handwerksleute und Künstler, der Untervorsteher und Vorsteher von Werkstätten und Manufakturen ; vorgelesen im königlichen Conservatorium der Künste und Handwerke
Bd.: 3

Paris ; Straßburg 1826

BHS II K 9-3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708092-6